

UNIEVANGÉLICA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

AURICENA BARBOSA EVANGELISTA

**VIABILIDADE DO USO DA ESTRUTURA METÁLICA EM
EDIFÍCIO COMERCIAL**

ANÁPOLIS/GO

2015

AURICENA BARBOSA EVANGELISTA

**VIABILIDADE DO USO DA ESTRUTURA METÁLICA EM
EDIFÍCIO COMERCIAL**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO
AO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA
UNIEVANGÉLICA.**

ORIENTADOR: ROGÉRIO SANTOS CARDOSO

ANÁPOLIS / GO: 2015

AURICENA BARBOSA EVANGELISTA

**VIABILIDADE DO USO DA ESTRUTURA METÁLICA EM
EDIFÍCIO COMERCIAL**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS
REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE
BACHAREL.**

APROVADO POR:

**ROGÉRIO SANTOS CARDOSO, Mestre (UniEvangélica)
(ORIENTADOR)**

**SANDOVAL JUNQUEIRA, Mestre (UniEvangélica)
(EXAMINADOR INTERNO)**

**NEANDER BERTO MENDES, Mestre (UniEvangélica)
(EXAMINADOR INTERNO)**

DATA: ANÁPOLIS/GO, 25 de MAIO de 2015.

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer primeiramente a Deus pela oportunidade a mim concedida de concluir mais um dos projetos Dele em minha vida.

Agradeço minha mãe em memória - Divina, pelas várias vezes em que me disciplinou e incentivou a sempre fazer o melhor que poria fazer, pelo tempo a mim dedicado e por acreditar que eu seria capaz de alcançar cada um dos meus objetivos. Meu pai – Eurípedes, pelos longos anos de trabalho que me proporcionaram um exemplo de vida sem igual.

Agradeço minha irmã- Dayana, que me apóia em todos os momentos com palavras de superação e persistência quando eu não me sentia mais capaz.

Agradeço a meu esposo – Marcelo, pela paciência, amor, companheirismo e compreensão ao longo desses cinco anos de caminhada, onde muitas vezes não pude lhe dar o tempo necessário para um relacionamento mais saudável; mas, contudo nunca se ouviu uma reclamação ou incomodo de sua parte.

Agradeço aos meus amigos companheiros Iara, Sarah, Letícia, Ludmila, Vagner. Aos meus amigos de trabalho e de vida, Fábio e Carla entre vários outros que proporcionaram momentos únicos de amizades e aprendizado, pelos quais este curso não teria o mesmo sentido.

Agradeço aos meus Sogros: Maria José e José que sempre foram como segundos pais, me dando todo suporte em meu casamento e minhas limitações.

Obrigada a todos que de uma forma direta ou indireta, fizeram parte dessa conquista em minha vida!

RESUMO

O Estudo de viabilidade usando estrutura metálica na análise de edifício comercial apresentado neste trabalho nos mostra maneiras de como analisar um empreendimento onde se pretende construir edifício com a função comercial, desde sua idealização bem como toda construção e acabamentos. Uma das mais importantes decisões a respeito da construção em si é sobre seu sistema estrutural. Atualmente o sistema estrutural mais usado tem sido estruturas de concreto armado, o que não significa ser o melhor quando se trata das qualificações dos edifícios comerciais. Com o avanço de novas tecnologias, mais mão de obra especializada no mercado e a influência com que vem sendo usadas no exterior, edificações com estruturas metálicas vem ganhando seu espaço no Brasil. Por se tratar de edifícios comerciais, suas particularidades precisam ser observadas para o melhor desempenho de sua fase de construção. Geralmente são obras que precisam de agilidade, canteiros organizados (pois a maioria dos edifícios comerciais tem em sua vizinhança grande movimentação de pessoas e comércio), riscos com a segurança precisam ser minimizados ao máximo em se tratando de funcionários e da circulação de pedestres próximos, entre outras questões que serão apresentadas no estudo de caso escolhido para exemplificar a situação. Questões como a estética, a sustentabilidade, as particularidades da obra também serão consideradas neste estudo de viabilidade. O estudo de Caso foi feito com análise na construção do bloco de Ampliação da Biblioteca da Universidade UniEvangélica de Anápolis. A análise da viabilidade visa observar os pontos qualitativos da construção levando em conta suas prioridades como edificação, o que difere de obra para obra. Com o crescimento visível da utilização do aço a nível mundial bem como a especialização de mão de obra qualificada pode se verificar a mudança nos sistemas estruturais principalmente em se tratando de edificações comerciais. As primeiras utilizações do aço foram registradas há seis mil anos A.C. nas civilizações do Egito, Babilônia e Índia. O aço era usado para fins militares, elementos decorativos e adornos das construções. Era visto como material nobre pela sua raridade. Ao longo dos anos um grande número de fabricantes, projetistas e desenhistas foram surgindo no país, fazendo com que o Brasil chegasse à década de 1970 a produzir cerca de 500 mil toneladas de estruturas metálicas, voltada para o setor industrial (BELLEI, 2004). Os perfis Estruturais são peças que caracterizam a resistência da estrutura metálica. Tem a função exclusiva de absorver e transmitir esforços garantindo assim a segurança da

edificação (BEZERRA, 2008). Estudo de viabilidade de um empreendimento segundo Gehbauer (2002), nada mais é que a comparação entre os custos e os benefícios gerados por meio de sua concepção. Nisto inclui todo planejamento técnico desde a idéia inicial até os projetos, onde se analisará orçamentos e prioridades da obra. Questões como a sustentabilidade têm sido cada vez mais discutidas nos dias atuais. O conceito de sustentabilidade é a capacidade de um indivíduo, grupo de indivíduos ou empresas e aglomerados produtivos em geral; têm de manterem-se inseridos num determinado ambiente sem, contudo, impactar violentamente esse meio. Assim, pode-se entender como a capacidade de usar os recursos naturais e, de alguma forma, devolvê-los ao planeta através de práticas ou técnicas desenvolvidas para este fim (NEVES, 2010). Apenas nos últimos 15 anos o Brasil começa a explorar com mais intensidade essa alternativa estrutural. Enquanto na Inglaterra cerca de 70% dos prédios com mais de quatro andares usam estrutura de aço, no Brasil, com uma cultura construtiva que sempre se baseou no concreto, esse percentual não passa de 5 %". (NAKAMURA, 2006).

Após serem analisadas as prioridades da obra verificamos que os gastos da estrutura em aço seriam maiores que a estrutura de concreto armado, quando colocados em questão a fundação, os reparos na alvenaria de revestimento (que são extremamente mais altos na estrutura de concreto armado), a parte de manutenção do canteiro e equipamentos, os desperdícios com materiais (madeira, agregados, escoras entre outros). A construção em estrutura metálica se torna viável e com ganhos de lucro de cerca de 8%, analisados no contexto geral segundo pesquisas do Engenheiro Carlos Freire.

Palavras-chave: Viabilidade, Estrutura Metálica

ABSTRACT

The Feasibility Study using metallic structure in the commercial building analysis presented in this paper shows us ways of how to analyze a project which aims to build building with a commercial function, from its conception as well as all construction and finishes. One of the most important decisions regarding the building itself is on its structural system. Currently the most widely used structural system has been reinforced concrete structures, which does not mean being the best when it comes to the qualifications of commercial buildings. With the advancement of new technologies, more skilled labor market and the influence that has been used abroad, buildings with metal structures has gained its place in Brazil. Because it is commercial buildings, their particularities must be noted for the best performance of his construction. Usually they work that need agility, organized sites (as most commercial buildings have in your neighborhood great movement of people and commerce), security risks need to be minimized to the maximum when it comes to employees and nearby pedestrian circulation, among other issues to be presented in the case study chosen to exemplify the situation. Issues such as aesthetics, sustainability, the particularities of the work will also be considered in this feasibility study. The Case study was done to analyze the construction of the Expansion pack of the Library UniEvangélica University of Anápolis. The analysis of the feasibility aims to observe the qualitative points of construction taking into account their priorities and building, which differs from work to work. With visible growth using the worldwide steel and the skilled labor specialization can verify the change in structural systems especially when it comes to commercial buildings. The first steel use will have been recorded six thousand years BC the civilizations of Egypt, Babylon and India. Steel was used for military purposes, decorations and adornments of buildings. It was seen as noble material for their rarity. Over the years a large number of manufacturers, designers and drafters were emerging in the country, making the Brazil reached the 1970s to produce about 500 tons of metal structures, focused on the industrial sector (BELLEI, 2004). Structural profiles are pieces that characterize the resistance of the metal structure. It has the sole function of absorbing and transmitting efforts thus ensuring the security of the building (Bezerra, 2008). Feasibility study of a project Gehbauer second (2002), is nothing more than a comparison between the costs and the benefits generated by their design. It includes all technical planning from the initial idea to the project, which will

be analyzed budgets and priorities of the work. Issues like sustainability have been increasingly discussed today. The concept of sustainability is the ability of an individual, group of individuals or companies and production clusters in general; They have to remain inserted in a particular environment, but without violently impact this may have. Thus, it can be understood as the ability to use natural resources and, somehow, return them to the planet through practices or techniques developed for this purpose (Neves, 2010). In the last 15 years Brazil begins to explore more intensely this structural alternative. While in England about 70% of buildings over four stories using steel structure in Brazil, with a constructive culture that has always been based on concrete, this percentage is only 5%. " (Nakamura, 2006). After the work priorities are analyzed we found that the costs of the steel structure would be larger than the reinforced concrete structure when placed in question the foundation, repairs in masonry coating (which are extremely higher in the reinforced concrete structure) the site maintenance part and equipment, waste of materials (wood, aggregates, anchors etc.). Construction metal structure becomes viable and about 8% profit gains, analyzed in the general context according to surveys Engineer Carlos Freire.

Keywords: Feasibility, Steel Structure

LISTA DE TABELAS E QUADROS

| | |
|---|-----------|
| Tabela 1: Percentual do consumo de aço por habitante | 16 |
| Tabela 2: Peso do aço por m²..... | 25 |
| Tabela 3: Exemplo – Escolha do Sistema Estrutural..... | 28 |
| Tabela 4: Exemplo – Configuração do sistema de Aço..... | 36 |
| Quadro 1: Quadro Comparativo Estruturas de Aço x Concreto Armado | 38 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|-----------|
| Figura 1 - Perfis Laminados | 20 |
| Figura 2 - Perfis Soldados..... | 21 |
| Figura 3 - Perfis Soldados á frio | 21 |
| Figura 4 – Lingotamento Contínuo | 23 |
| Figura 5 – Laminador de Chapas Grossas..... | 24 |
| Figura 6 – Contraventamento em edifício..... | 29 |
| Figura 7 – Pórticos Rígidos..... | 30 |
| Figura 8 – Núcleo de Concreto | 30 |
| Figura 9 – Detalhes das escoras e fôrmas para laje maciça..... | 31 |
| Figura 10 – Lajes Stell deck..... | 31 |
| Figura 11 – Laje Treliçada | 32 |
| Figura 12 – Vedação por Alvenaria..... | 33 |
| Figura 13 –Vedação por Dry Wall | 34 |
| Figura 14 –Vedação por Paineis | 34 |
| Figura 15 – Painéis de vidro | 35 |
| Figura 16 – Fluxograma de Construcao sustentavel..... | 40 |
| Figura 17 – Fluxograma ciclo do aco | 41 |
| Figura 18 – Aeroporto Internacional de Carrasco no Uruguai..... | 44 |
| Figura 19 – Aeroporto Internacional de Carrasco no Uruguai..... | 44 |

| | |
|--|-----------|
| Figura 20 – Estrutura Metálica do Bloco de Ampliação da Biblioteca | 46 |
| Figura 21 – Isométrica da Estrutura – Ampliação da Biblioteca..... | 48 |
| Figura 22 – Comparativo de estruturas quanto ao tipo | 49 |
| Figura 23 – Economia nas Fundações com estruturas metálicas | 50 |
| Figura 24 – Planta de Carga para Fundação – Ampliação da Biblioteca | 50 |
| Figura 25 – Detalhamento do projeto de Fundação – Ampliação da Biblioteca..... | 51 |
| Figura 26 – Economia nas Alvenarias de revestimento em edificações com estruturas metálicas | 52 |
| Figura 27 – Estrutura Metálica do Bloco de Ampliação da Biblioteca | 54 |
| Figura 28 – Economia Obtida em edificações com estruturas metálicas | 55 |

LISTA DE ABREVIACOES E SIGLAS

| | |
|--------------|---|
| A.C | Antes de Cristo |
| Abcem | Associao Brasileira Construo Metálica |
| CBCA | Centro Brasileiro de Construo em Aço |
| CESEC | Centro de estudos de Engenharia Civil |
| CET | Companhia de Engenharia de Tráfego |
| CSN | Companhia Siderúrgica Nacional |
| DES | Departamento de Estruturas |
| FEM | Fábrica de estruturas metálicas |
| SPEM | São Paulo Estruturas Metálicas |
| UFMG | Universidade Federal de Minas Gerais |

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO..... | 14 |
| 1.1 JUSTIFICATIVA..... | 15 |
| 1.2 OBJETIVO | 15 |
| 1.3 HISTÓRICO | 16 |
| 1.3.1 Primeiras Evidências do Aço na Construção Civil..... | 16 |
| 1.3.2 Construções em aço no Brasil | 17 |
| 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO | 18 |
| 2 PARTICULARIDADES DO PERFIL METÁLICO | 20 |
| 2.1 PEÇAS ESTRUTURAIS..... | 20 |
| 2.1.1 Perfil Laminado..... | 20 |
| 2.1.2 Perfil Soldável..... | 20 |
| 2.1.3 Perfis formados a frio..... | 21 |
| 2.2 MONTAGEM..... | 22 |
| 2.3 MATÉRIA PRIMA – AÇO..... | 23 |
| 3 ESTRUTURAS METÁLICAS - VIABILIDADE..... | 24 |
| 3.1 O QUE MUDA QUANDO O SISTEMA CONSTRUTIVO É EM AÇO | 26 |
| 3.2 QUANDO CONSTRUIR EM AÇO?..... | 27 |
| 3.3 COMO CONSTRUIR EM AÇO?..... | 28 |
| 3.3.1 Estabilidade Horizontal..... | 29 |
| 3.3.2 Tipos de Lajes..... | 30 |
| 3.3.3 Vedações Internas e Externas | 32 |
| 3.4 VANTAGENS E DESVANTAGENS DO USO DA ESTRUTURA METÁLICA | 36 |

| | |
|---|-----------|
| 3.5 COMPARAÇÃO ENTRE ESTRUTURAS METÁLICAS E CONCRETO ARMADO | 37 |
| 4 SUSTENTABILIDADE | 40 |
| 4.1 AÇO E ESTRUTURAS METÁLICAS DENTRO DA SUSTENTABILIDADE..... | 41 |
| 5. A ARQUITETURA E O AÇO | 42 |
| 6. ESTUDO DE CASO..... | 45 |
| 6.1 APRESENTAÇÃO | 45 |
| 6.2 VIABILIDADE DA EDIFICAÇÃO | 46 |
| 6.3 CUSTO DAS ESTRUTURAS..... | 48 |
| 6.4 FUNDAÇÃO | 49 |
| 6.5 ALVENARIA DE REVESTIMENTO..... | 51 |
| 6.6 INSTALAÇÕES DE UNIDADES, EQUIPAMENTOS E MANUTENÇÃO DE CANTEIRO..... | 53 |
| 6.7 CUSTOS COMUNS | 54 |
| 6.8 ANÁLISE FINAL – CUSTOS FINANCEIROS | 55 |
| 6.9 DESENVOLVIMENTO DA OBRA | 56 |
| 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS | 57 |
| REFERÊNCIAS..... | 58 |

1 INTRODUÇÃO

As construções no Brasil e no mundo tem se destacado cada vez mais com o passar dos anos; seja pelos avanços de novas tecnologias, seja pelas necessidades diferenciadas da sociedade atual. No Brasil temos uma variedade de sistemas construtivos.

Para execução de qualquer construção seja ela de grande ou pequeno porte implica sistematicamente na construção de uma estrutura que suporte todo o peso do sistema. Afim de que isso ocorra faz se necessários estudos preliminares de carga, projetos gráficos entre outros, os quais servirão como garantia de um bom funcionamento pelo tempo que for necessário (BEZERRA, 2008).

As estruturas de uma construção garantem sustentabilidade e resistência. Uma estrutura é formada por elementos estruturais que por sua vez, combinados, dão origem aos sistemas estruturais. A parte estrutural da construção é responsável por receber os esforços do sistema e transmiti-los para fundação da edificação e assim para o solo, para que isso ocorra faz se necessário a utilização de materiais estruturais que possam atender a esses esforços.

Temos atualmente quatro principais formas de estruturas: concreto armado, blocos estruturais, aço e estruturas mistas. (Bauer,1985).

No desenvolver deste trabalho veremos um estudo sobre a viabilidade de se construir com estrutura metálica. Para realização deste, será observado o estudo de caso do Bloco de Ampliação da biblioteca na Universidade Uni Evangélica da cidade de Anápolis Estado de Goiás. Nesse estudo serão observadas as particularidades da construção, bem como suas vantagens de construção em aço dentro da Universidade: analisando a função do edifício sua localidade e a geotecnia do terreno em que se encontra. Esta análise servirá para nos mostrar o quanto sua construção em estrutura metálica foi viável; Observando custos, detalhamento das etapas de construção, mão de obra utilizada, levando em conta a urgência da entrega entre outros temas necessários. Conforme estudos de viabilidade técnica e de custos realizados pelo Engenheiro Carlos Freire, Portal Metálica; 2006.

1.1 JUSTIFICATIVA

A importância deste trabalho dá-se devido ao sistema de construção em aço, que atualmente está sendo muito utilizado no Brasil. Por se tratar de uma construção com canteiros de obras limpos e organizados de execução rápida sem desperdícios e com uso de material reciclável, notam-se grandes vantagens na construção em aço para edificações comerciais.

Através de análises e estudos na área, podemos verificar que os resultados de um estudo de viabilidade podem nos mostrar respostas surpreendentes.

O estudo de viabilidade é importante para que desde a decisão em se promover uma edificação tenha-se dados técnico-financeiros concretos para uma melhor administração do processo de construção. Através dos estudos de viabilidade é possível notar o que será a melhor escolha para a edificação em questão, analisando suas particularidades e necessidades mais urgentes, evitando assim contratempos com questões como o prazo de execução da obra, questões financeiras, mão de obra entre outros.

1.2 OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo a apresentação do sistema de estrutura metálica, visando sua viabilidade na construção civil de edifícios comerciais.

O foco do trabalho é mostrar que construções em estruturas metálicas são plenamente viáveis não apenas pelos seus custos, mas também pela sua organização e rapidez na execução (principais vantagens).

Em outros países esse conceito já foi aceito, analisando as prioridades da obra as características de maior importância; tais como: O tempo de construção, tipo de ocupação, disponibilidade e custo materiais, recursos do construtor, local da obra e acessos, possibilidade de adaptação e ampliação, compatibilidade com sistemas complementares, manutenção e reparos, vãos livres e altura da edificação, proteção contra corrosão, proteção contra fogo, estética, desperdícios de materiais e mão de obra, segurança do trabalhador, custos financeiros, adequação ambiental, qualidade e durabilidade, desempenho, incômodos para áreas próximas entre outros itens, que

quando em conjunto analisados dando a cada um peso específico, conseguiremos mostrar se é viável ou não, a construção em estrutura metálica quando comparada com a estrutura de concreto armado (mais usada atualmente no Brasil). Neste trabalho também serão abordados temas como a sustentabilidade e a arquitetura ligadas na estrutura metálica conforme tabela 1 – Tabela percentual do consumo de aço por habitante.

No Brasil o consumo per capita de aço ainda é muito baixo – algo em torno de 150 kg de aço bruto por habitante, em 2011 – se comparado a outros países (BERZOTTO, 2012).

Tabela 1 - Tabela do percentual do consumo de aço por habitante

| CONSUMO DE AÇO POR HABITANTE Und: Kg/ Hab. | | | |
|---|-------|-------|--------|
| País / Ano | 1980 | 2000 | 2010 |
| China | 34,1 | 97,9 | 427,4 |
| Coréia do Sul | 160 | 817,7 | 1077,2 |
| Japão | 610,5 | 600,5 | 502,9 |
| USA | 376 | 425,3 | 267,3 |
| Alemanha | 469,4 | 474,8 | 466,8 |
| Espanha | 202,1 | 434,8 | 323,1 |
| Brasil | 100,6 | 92,6 | 136,9 |
| Chile | 56,4 | 96,7 | 154 |
| México | 120,2 | 141,5 | 142,8 |

Fonte– Anuário Estatístico IBGE 2010

1.3 HISTÓRICO

1.3.1 Primeiras Evidências do Aço na Construção Civil

As primeiras utilizações do aço foram registradas á seis mil anos A.C. nas civilizações do Egito, Babilônia e Índia. O aço era usado para fins militares, elementos decorativos e adornos das construções. Era visto como material nobre pela sua raridade (BELLEI, 2004).

Desde o século XII as estruturas metálicas têm sido usadas em forma de tirantes e pendurais de ferro fundido, funcionando como auxílio nas estruturas de

madeira (BARRETO, 2014).

A partir do século XVI estruturas de telhado em ferro fundido se tornaram comuns, em seguida começaram a construir estações de ferrovias, igrejas, cúpulas e pontes com vãos em arco e ou treliçados que permitiam espaços cada vez mais amplos (BARRETO, 2014).

No século XIX com o progresso do cálculo estrutural começaram a surgir os sistemas estaticamente lógicos que colaborou com o início das laminações de perfis, possibilitando sua produção de forma industrializada (BARRETO, 2014).

Entre 1850 e 1900 existem registros de construções de várias pontes ferroviárias, observando, na época, o andamento das fases construtivas e a quantidade de acidentes que aconteciam viu se a necessidade de um aprimoramento das características do material estrutural, colaborando para um estudo mais detalhado do aço usado como estrutura do sistema. O aço já era utilizado em pequenas proporções, porém devido à falta de um processo industrial de fabricação que fosse economicamente viável o material se tornara inapropriado para a época (BARRETO, 2014).

Em 1856 foi criado um forno pelo inglês Henry Bessemer, que tornou possível a produção de aço em escalas maiores. Em 1865 o processo Siemens-Martin consolidou a conquista e em 1880 surgiram os primeiros laminadores (BARRETO, 2014).

1.3.2 Construções em Aço no Brasil

Com a criação da Companhia Siderúrgica Belgo Mineira na Década de 20 juntamente com a produção de outras pequenas fundições, o aço atingiu em sua produção a média de 35 mil toneladas, no início da década de 21 sua produção já era de aproximadamente 96 mil toneladas (BELLEI, 2004).

Em 1945 foi fundada a CSN – Companhia Siderúrgica Nacional produzindo chapas, trilhos e perfis, conforme as bitolas americanas. Na década de 60 surgiram as Usinas Usiminas e Cosipa produzindo chapas e também a Aço minas produzindo perfis laminados de abas paralelas. Em 1953 foi criada a FEM – Fábrica de estruturas metálicas; um dos departamentos criados pela CSN para melhor difusão do uso do aço a qual formava mão de obra especializada, bem como todo o ciclo de produção das estruturas metálicas. (BELLEI, 2004).

Em 1957 foi construído o primeiro edifício de múltiplos pavimentos de

estruturas metálicas do país. Tratava-se do Edifício Garagem América (a primeira garagem coletiva de grandes proporções), projetado pelo arquiteto Rino Levi.

Em 1964 o Edifício comercial Santa Cruz com trinta e três pavimentos foi construído na cidade de Porto Alegre Rio Grande do Sul. Estruturado com aço desde as fundações pela FEM responsável pela fabricação e montagem de todos os perfis e chapas utilizados na estrutura teve início em 25 de fevereiro de 1962 e término em 8 de março do ano seguinte (DIAS, 1999).

Ao longo dos anos um grande número de fabricantes, projetistas e desenhistas foram surgindo no país, fazendo com que o Brasil chegasse à década de 1970 a produzir cerca de 500 mil toneladas de estruturas metálicas, voltada para o setor industrial (BELLEI, 2004).

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Para a montagem da estrutura do trabalho foram usados sete capítulos. No primeiro capítulo tem-se uma pequena introdução sobre as estruturas metálicas e temas elaborados ao longo da pesquisa, a justificativa da escolha do tema bem como sua importância dentro da engenharia civil e um histórico das primeiras utilizações do aço do mundo e no Brasil.

No segundo capítulo está exposto as particularidades do perfil metálico onde são abordados os tipos e classificações existentes, como acontece sua montagem e qual matéria prima utilizada no processo.

No terceiro capítulo foi abordado a questão da viabilidade da estrutura metálica em edificações comerciais, exemplificando possíveis ferramentas que podem ser usadas para melhor visualização das decisões a serem tomadas cabíveis para cada processo da edificação. Dúvidas como: O que muda quando o sistema estrutural é aço? Ou Quando devo construir em aço? E decidindo assim pelo modelo estrutural metálico como poderei construir com aço de forma que minha edificação seja viável econômica e tecnicamente. Também foram observadas as vantagens e desvantagens de construções com estrutura metálica bem como sua comparação com concreto armado.

No Quarto capítulo está abordada a questão da sustentabilidade, onde se discute sua importância nos dias atuais e como as construções com uso de aço colaboram para o processo de reutilização.

No Quinto capítulo esta exposto a relação sobre a arquitetura e designer obtidos dos perfis metálicos e os profissionais existentes nessa área de atuação identificados sobre um contexto geral no Brasil e no mundo.

No sexto capítulo vemos um estudo de caso onde seu objeto é a construção do bloco de ampliação da biblioteca localizada na Universidade UniEvangélica de Anápolis Goiás. Por se tratar de uma edificação no âmbito educacional e comercializar conhecimento, esta enquadrada nos atributos de edificação comercial. No processo de análise com base nos dados fornecidos pela empresa responsável pela execução da estrutura, foi observada sua viabilidade abordando comparativos de custos de estrutura convencional de concreto armado e a estrutura metálica usada na edificação, expostos em forma de gráficos e dados estatísticos de pesquisas existentes na área. Podemos observar os custos previstos para cada etapa da obra sendo ela construída com estrutura convencional de concreto armado e ou estrutura metálica.

No capítulo sete temos a conclusão do trabalho de pesquisa que viabiliza e defende a tese de que a estrutura metálica pode ser sim mais viável que as estruturas de concreto armado em se tratando de edificações comerciais. São expostos os dados finais de análise e o fechamento do trabalho de conclusão do curso de engenharia civil.

2 PARTICULARIDADES DO PERFIL METÁLICO

2.1 PEÇAS ESTRUTURAIS

Os perfis Estruturais são peças que caracterizam a resistência da estrutura metálica. Tem a função exclusiva de absorver e transmitir esforços garantindo assim a segurança da edificação (BEZERRA, 2008).

2.1.1 Perfil Laminado

Os perfis laminados possuem uma grande resistência na função estrutural. Encontrado em geometrias diversas. São perfis laminados em máquinas e moldados á quente, garantido assim sua uniformidade e resistência (CÉZAR, 2010).

Os perfis I, H e C podem ter abas paralelas conforme padrão europeu ou padrão americano. As canteiras tipo L são formadas por duas abas perpendiculares entre si podendo apresentar larguras iguais ou diferentes; conforme figura 1– aço minas.

Segue abaixo alguns perfis soldados mais usados nas estruturas metálicas:

Figura 1 - Perfis Laminados



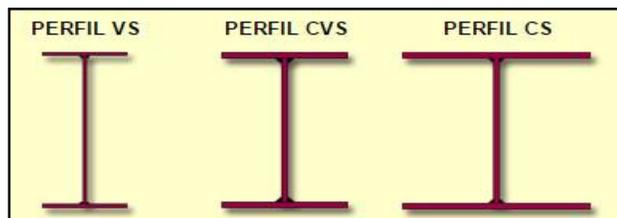
Fonte– CÉZAR (2010)

2.1.2 Perfil Soldável

Os Perfis soldados surgiram para suprir as limitações que os perfis laminados I apresentavam. São perfis formados a partir da junção com outras peças por meio de uma solda especial usada para unir aço. Podem ser criados em várias geometrias H, I ou L sendo permitida também pela norma a criação de peças especiais de modo a atenderem

os projetistas.conforme figura 2 Assim como os perfis laminados são usados pela sua grande eficiência estrutural (CÉZAR, 2010).

Figura 2 - Perfis Soldados



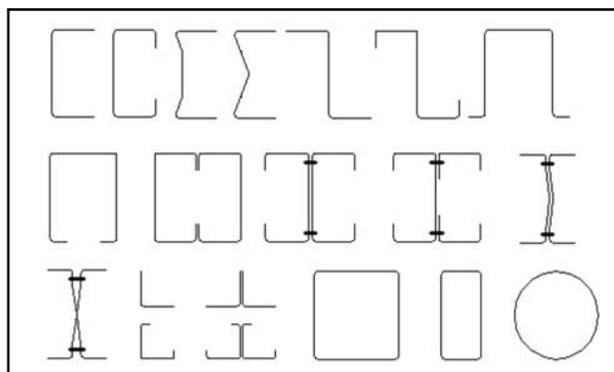
Fonte- CÉZAR (2010)

2.1.3 Perfis Formados a Frio

Os Perfis formados a frio ao contrário do aço laminado a quente que é difícil de deformar, o aço frio é relativamente fácil para mudar de formato e dobrar. Sendo usado para fazer carros, postes de transmissão e algumas estruturas de construção civil. São feitos com roletes e prensas que dão o tamanho e forma corretos, resultando em um material mais leve e um pouco mais elástico. (FREIRE; 2006).

Obtidos pelo processo de dobramento das chapas os perfis formados á frio são padronizados, mas podem ser produzidos de diferentes formas e tamanhos solicitados, permitindo uma vasta utilização dentro da criatividade do projetista conforme figura 3. Sendo utilizadas em elementos estruturais como barras de treliças, terças entre outros (FREIRE; 2006).

Figura 3 - Perfis Soldados á frio



Fonte- FREIRE (2006)

2.2 MONTAGEM

No setor da montagem todas as peças são reunidas levando em conta os desenhos e normas técnicas específicas para cada uma; as peças são ligadas por meio de pequenas quantidades de solda, grampos ou parafusos ajustando assim sua forma final.

A verificação dos enquadro a correção dos defeitos os ajustes dos elementos de ligação são realizadas dessa área de pré-montagem. Logo depois as peças são encaminhadas para a montagem definitiva, podendo ser por parafusarem, soldagem ou ambas, dependendo da concepção do projeto e layout da fábrica. A montagem definitiva é feita no canteiro de obras, onde o montador observa as peças em sua qualidade e principalmente em segurança, orientando os demais nos equipamentos de segurança individual.

2.3 MATÉRIA PRIMA- AÇO

O aço é obtido de duas matérias primas, conhecidas como minério de ferro e Carbono. Pelo fato de não serem encontrados em estado puro de uso na natureza torna-se necessário um tratamento para jogar fora todas as impurezas do material que possa prejudicar sua estrutura final como produto. O aço também pode ser definido como uma liga metálica composta em sua maioria de ferro e pequenas porções de Carbono (de 0,002% a 2,00% aproximadamente) tendo como propriedades específicas resistência e ductilidade. O teor de Carbono dos aços mais usados no Brasil é de cerca de 0,18 a 0,25%, figura 4 (BARRETO, 2010).

O processo industrial para obtenção do aço pode ser descrito em quatro etapas:

- preparo das matérias-primas (coqueria e sinterização);
- produção de gusa (alto-forno);
- produção de aço (aciaria);
- conformação mecânica (laminação).

Na preparação da matéria prima o minério de ferro é submetido a um tratamento termoquímico que separa todas as suas impurezas sobrando o ferro. Em sua forma líquida recebe as adições necessárias para a obtenção de suas características desejadas.

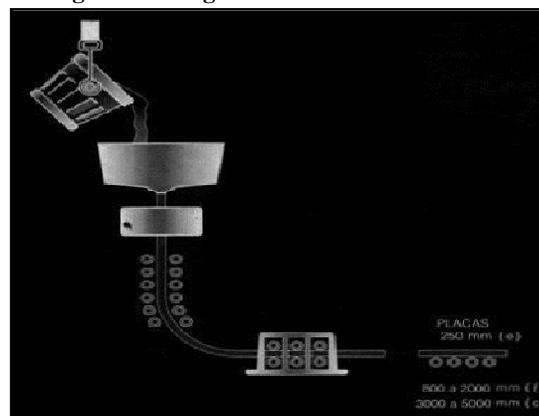
O resultado da primeira fusão do minério de ferro da origem ao ferro- gusa que

contém de 3,5 a 4,0% de carbono. A obtenção do aço se dá com a diminuição dos teores de carbono, silício e enxofre (refino) em equipamentos apropriados para este fim. Na segunda fusão dá se origem ao ferro fundido onde são adicionadas outras substancias para atingir um teor de carbono de 2,5 a 4,3% que geram propriedades próprias diferentes das do aço (BARRETO, 2010).

As Usinas Siderúrgicas podem produzir o aço utilizando o minério de ferro por transformação do gusa (conhecidas como usinas integradas), como também obter o aço através de sucatas (conhecidas como usinas não integradas).

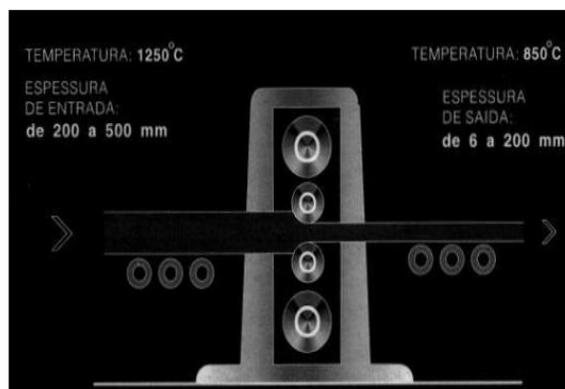
Após a fase de aciaria (refino do gusa) passamos ao lingotamento contínuo, no qual a solidificação do aço no molde é iniciada e é retirado por rolos extratores. O veio metálico é resfriado, sendo cortado a maçarico e transformado em esboço de placa figura 4 e 5 (BARRETO, 2010).

Figura 4 – Lingotamento Contínuo



Fonte– BARRETO (2010)

Figura 5 – Laminador de Chapas Grossas



Fonte– BARRETO (2010)

3 ESTRUTURAS METÁLICAS – VIABILIDADE

Ao se falar sobre viabilidade na construção civil usando estruturas metálicas, faz-se necessário uma abordagem não só na parte estrutural em si, mas em todas as etapas da construção. O conceito de que a estrutura de concreto armado é melhor, por ser mais fácil e de custo inferior, está cada vez mais fraco quando comparado com a realidade da tecnologia em se construir com aço. Um dos maiores problemas que o Brasil enfrenta é a escassez de mão de obra qualificada, tanto da parte operacional quanto administrativas especializada no assunto, sem esquecer a velha mentalidade de que a arquitetura no concreto é mais bonita.

Construções comerciais, como é o foco do trabalho ganham tempo na construção, evitam desperdícios, quando analisadas de forma corretamente observando desde a geologia do terreno, pesos das fundações (estruturas metálicas, fazem com que o peso da edificação seja mais leve, comprometendo menos a fundação), organização do canteiro de obras, facilidade na compatibilização de projetos, a agilidade com que se começa e termina uma obra, ganhos na mão de obra de diárias, entre vários outros aspectos que também serão abordados no decorrer deste trabalho.

Segundo cálculos da Abcem, quando o projeto é desenvolvido com previsão de uso da estrutura metálica, a redução no peso da edificação permite economia de até 30% nos custos das fundações conforme tabela 6.1. Já o tempo de execução das obras pode ser reduzido em até 40%, o que torna o sistema especialmente atrativo para obras de cronograma apertado. Assim, além de obras de infraestrutura, fábricas e galpões, a estrutura metálica encontra maior aplicação em edificações de uso comercial público (supermercados e shoppings, por exemplo), educacional, hospitalares, hoteleiros e em edifícios-sede.

De fato, a pouca familiaridade com a construção em aço – que muitas vezes faz com que não se aproveitem todas as virtudes do material e que, em uma comparação com outros sistemas mais tradicionais, o aço saia perdendo – é apontada por fornecedores e especificadores como a principal barreira ao maior desenvolvimento do sistema (NAKAMURA, 2006).

Existem ocasiões onde o calculista por não conhecer as particularidades da construção em aço, não aproveita de tudo o que ela lhe permitiria, resultado disso são projetos superdimensionados, pesados e inviáveis economicamente (CARDOSO, 2006).

Tabela 2 - Tabela do peso do aço por m²

| ESTIMATIVA DO PESO DA ESTRUTURA METÁLICA POR TIPO DE EDIFICAÇÃO | |
|--|------------------------------|
| Tipo de Edificação | Peso (Kg/m ²) |
| Edifícios de até 4 pavimentos, padrão popular | 20 a 35 |
| Edifícios de até 4 pavimentos, padrão médio/alto | 1077,2 |
| Edifícios de 4 á 12 pavimentos | 502,9 |
| Edifícios com mais de 12 pavimentos | 267,3 |
| Residências | 466,8 |
| Galpões industriais sem ponte rolante | 323,1 |

Fonte - NAKAMURA (2006)

Estudo de viabilidade de um empreendimento segundo Gehbauer (2002), nada mais é que a comparação entre os custos e os benefícios gerados por meio de sua concepção. Nisto inclui todo planejamento técnico desde a idéia inicial até os projetos, onde se analisará orçamentos e prioridades da obra.

A Estrutura de Aço é alternativa viável quando a arquitetura propõe:

- Grandes vãos para os pisos;
- Edifícios de grande altura;
- Necessidade de layout flexível, repetitividade de modulação arquitetônica;
- Possibilidade de futuras ampliações;
- Instalações de sistemas de instalações complexos;
- prazos reduzidos de execução;
- montagem da estrutura em canteiros com dimensões reduzidas

Uma Estrutura Metálica para ser considerada ideal precisa atender a requisitos principais como:

- Resistência;
- Durabilidade;
- Beleza;
- Capaz de sofrer deformações até certo limite;

Segundo CBCA (Centro Brasileiro de Construção em Aço) existem perguntas que precisam ser respondidas e analisadas individualmente para que a melhor decisão de qual método construtivo empregado será o melhor, ou seja, o mais viável.

São elas:

- o O que muda quando o sistema construtivo é em aço?
- O Quando construir em aço?
- O Como construir em aço?

3.1 O QUE MUDA QUANDO O SISTEMA CONSTRUTIVO É EM AÇO?

Ao se escolher o sistema construtivo adequado para o empreendimento, é necessário que o administrador deste, tenha em mente o principal foco da obra, bem como todo um estudo dos sistemas existentes e que são uma opção para o empreendedor.

Cada sistema construtivo tem suas particularidades, sua viabilidade dependerá dos principais objetivos que se deseja alcançar com a construção.

Construções em estruturas metálicas requerem mão de obra especializada, projetos minuciosos em detalhes, (pois um erro na perfuração ou nos travamentos das peças pode comprometer a estrutura e ou prejudicar a estimativa de gastos gerando um consumo que não estava previsto), Organização, disponibilidade de fornecedores, equipamentos e maquinários disponíveis, mínima utilização de concreto, madeira para fôrmas entre outros itens. Nas construções com estruturas de concreto armado devido a cultura existente no país, não se tem dificuldade de pessoal especializado na mão de obra, o mercado de fornecedores é superaquecido, o fornecimento de concreto das concreteiras precisa ter as viagens dos caminhões betoneiras monitoradas, gastos com madeira para fechamento de fôrmas deve ser levado em conta, gastos com o aço, onde tem-se a possibilidade de contratar uma terceirizada para realização dos serviços de Carpintaria e armação, pra que isso ocorra é necessário um espaço reservado para estes serviços dentro do canteiro de obras.

O que muda na construção com estrutura metálica é quase tudo. A organização e limpeza do canteiro são diferenciadas, as peças já chegam prontas, somente para montar no canteiro, parafuso, soldas, lajes já estão pré-determinadas em projeto. É como se fosse um quebra cabeças que precisa ser montado milimetricamente de acordo com as instruções do projeto (PENNA, 2013).

3.2 QUANDO CONSTRUIR EM AÇO?

Para um bom êxito na escolha do uso da estrutura metálica, vamos abordar algumas características existentes na obra bem como seu grau de importância no empreendimento.

Cada obra tem suas particularidades e características que consideram importantes para o objetivo pelo qual foi criada. No caso do foco do trabalho, edifícios comerciais Educacionais e ou institucionais possuem questões de importância diferentes de edifícios habitacionais, hospitalares entre outros.

Características como, fundação, tempo de construção, tipo de ocupação, disponibilidade e custos de materiais, recursos do construtor, local da obra e acessos, possibilidade de adaptações e ampliações, compatibilidade com projetos complementares, manutenção e reparos, vão livres e altura da edificação, proteção contra corrosão e fogo, estética, desperdícios de materiais e mão de obra, segurança do trabalhador, adequação ambiental, qualidade e durabilidade, desempenho, incomodo para áreas próximas entre outros; quando analisadas e dada a cada uma um peso pela sua importância na edificação, podemos analisá-las dentro dos sistemas estruturais e observar qual sistema melhor atenderá no requisito de qualidade da obra conforme tabela 3 (PENNA, 2013).

Tabela 3 - Tabela Exemplo – Escolha do Sistema Estrutural

| ESCOLHA DO SISTEMA ESTRUTURAL | | | | | | | | | |
|--|--|---|---|--|----|-----------------|----|-----------------|----|
| PROJETO: | | Edifício Comercial 8 pavimentos | | | | | | | |
| Ítem | Características importantes da Obra | Peso -> de (1 a 5) pela importância da obra | | Nota -> de (1 a 10) - Mérito do sistema estrutural | | | | | |
| | | | | Sistema A | | Sistema B | | Sistema C | |
| | | | | Aço | | Concreto | | Misto | |
| 1 | Fundações | Importantíssimo | 5 | Atende | 8 | Atende baixo | 5 | Atende | 8 |
| 2 | Tempo de Construção | Importantíssimo | 5 | Atende superior | 10 | Atende | 8 | Atende | 8 |
| 3 | Tipo de Ocupação | Importantíssimo | 5 | Atende superior | 10 | Atende baixo | 5 | Atende | 8 |
| 4 | Disponibilidade e custo materiais | Importante | 3 | Atende | 8 | Atende superior | 10 | Atende superior | 10 |
| 5 | Recursos do Construtor | Pouco importante | 2 | Atende | 8 | Atende | 8 | Atende | 8 |
| 6 | Local da Obra e acessos | Importante | 3 | Atende | 8 | Atende baixo | 5 | Atende baixo | 5 |
| 7 | Possibilidade de adaptações e ampliações | Indiferente | 1 | Atende superior | 10 | Atende baixo | 5 | Atende baixo | 5 |
| 8 | Compatibilidade c/ sist. complementares | Importante | 3 | Atende superior | 10 | Atende baixo | 5 | Atende baixo | 5 |
| 9 | Manutenção e reparos | Importante | 3 | Atende | 8 | Atende | 8 | Atende | 8 |
| 10 | Vãos livres e altura da edificação | Importante | 3 | Atende | 8 | Atende | 8 | Atende | 8 |
| 11 | Proteção contra corrosão | Muito importante | 4 | Atende | 8 | Atende superior | 10 | Atende superior | 10 |
| 12 | Proteção contra fogo | Muito importante | 4 | Atende baixo | 5 | Atende | 8 | Atende | 8 |
| 13 | Estética | Pouco importante | 2 | Atende | 8 | Atende | 8 | Atende | 8 |
| 14 | Desperdícios de materiais e mão de obra | Importante | 3 | Atende superior | 10 | Atende baixo | 5 | Atende baixo | 5 |
| 15 | Segurança do trabalhador | Importantíssimo | 5 | Atende | 8 | Atende baixo | 5 | Atende baixo | 5 |
| 16 | Custos financeiros | Importantíssimo | 5 | Atende | 8 | Atende | 8 | Atende | 8 |
| 17 | Adequação ambiental | Muito importante | 4 | Atende | 8 | Atende | 8 | Atende | 8 |
| 18 | Qualidade e durabilidade | Muito importante | 4 | Atende | 8 | Atende | 8 | Atende | 8 |
| 19 | Desempenho | Importantíssimo | 5 | Atende | 8 | Atende | 8 | Atende | 8 |
| 20 | Incômodos para áreas próximas | Importante | 3 | Atende | 8 | Atende baixo | 5 | Atende baixo | 5 |
| MÉDIA = $\sum(\text{peso} \times \text{nota}) / \sum \text{peso}$ -- | | 72 | | 8,3 | | 7 | | 7,4 | |

Fonte– CBCA; PENNA (2013)

3.3 COMO CONSTRUIR EM AÇO?

Após a escolha de se construir usando estrutura metálica, chegamos à etapa onde se define como construir. Basicamente todo sistema estrutural precisa de algumas decisões na configuração da construção como um todo. Precisa-se definir além da estrutura os completos da edificação, tais como:

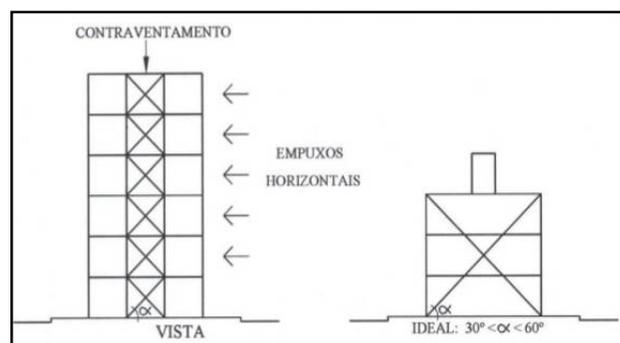
- o Estabilidade Horizontal: Contraventada, Pórticos rígidos ou núcleo de concreto.
- o Tipo de Laje: Laje plana maciça, Steel-deck ou Laje treliçada.
- o Vedações internas: Alvenaria, Dry Wall ou Blocos.
- o Vedações externas: Alvenaria, painéis ou vidro.

3.3.1 Estabilidade Horizontal

Para resolver o problema da instabilidade, causado por cargas horizontais provenientes do vento que atuam sobre as laterais do edifício, faz-se necessário a criação de algum tipo de travamento podendo ser:

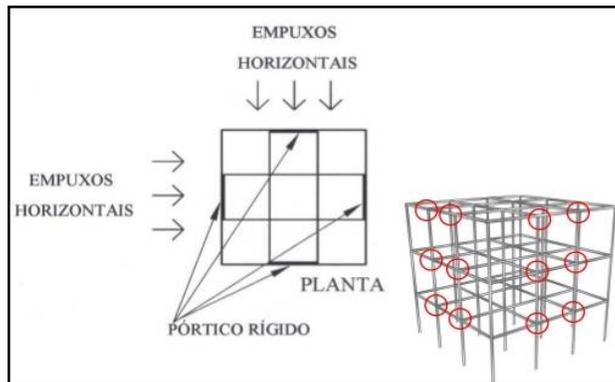
- Contraventada: onde tem o travamento da estrutura através de barras diagonais. É obtida através de contraventamentos verticais ao longo do edifício, formando painéis em forma de treliça. Conforme figura 6. Para facilidade de ligação convém prevê-se ângulos nunca inferiores a 30°, e não ultrapassar 4 pisos. Também não devem estar afastados mais do que 25 m entre si. (CUNHA; 2013).

Figura 6 – Contraventamento em edifício



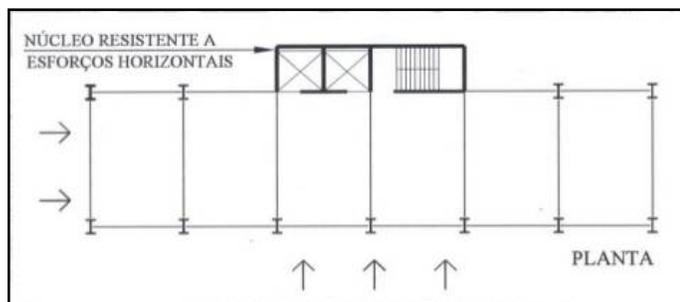
Fonte– CUNHA (2013)

- Pórticos rígidos: Prevê-se um conjunto de pórticos rígidos travados em seus vértices com $H =$ altura do edifício, conforme figura 7, abaixo:

Figura 7 – Pórticos Rígidos

Fonte– CUNHA (2013)

- Núcleo de concreto: Garante benefício em duas funções: dar estabilidade horizontal ao mesmo tempo em que abriga a torre de circulação vertical. O núcleo pode ficar fora ou dentro do centro de gravidade do bloco principal. A transferência das forças causadas pelo vento é realizada pelas lajes. Conforme figura 8.

Figura 8 – Núcleo de Concreto

Fonte– CUNHA (2013)

3.3.2 Tipos de Lajes

- Plana Maciça: Atualmente é o sistema mais usado na construção civil, consiste basicamente de fôrmas de escoras de madeira que sustentam a estrutura durante o processo de cura do concreto. A laje maciça é mais pesada e requer um tempo maior para a utilização devido a cura do concreto. Este sistema de laje maciça também apresenta um custo elevado se comparado a outros tipos de sistemas construtivos. A Figura 9 mostra as escoras e as fôrmas necessárias para se construir uma laje maciça.

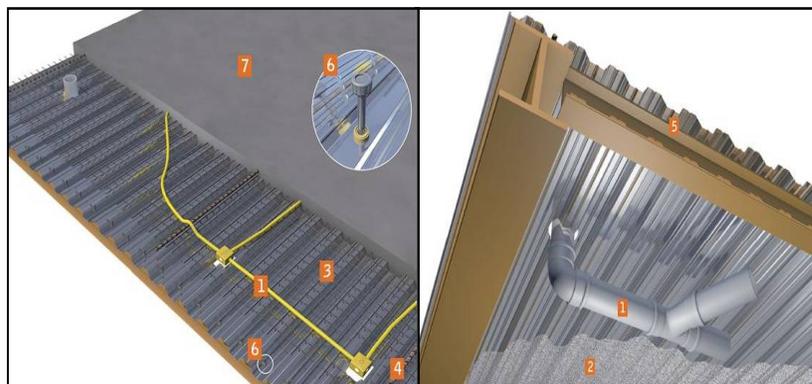
Figura 9 – Detalhes das escoras e fôrmas para laje maciça



Fonte– FREIRE (2006)

- Steel-deck: A laje Steel deck atua simultaneamente como fôrma e armadura, sendo mais comumente aplicada em obras com alto grau de racionalização ou onde a montagem de escoras se mostra inconveniente. Depois que aço e concreto se solidarizam, formam um sistema misto em que a chapa de aço atua como armadura positiva da laje conforme figura 10. Segundo Alexandre Vasconcellos, diretor geral da empresa Método estruturas e consultor do Centro Brasileiro da Construção em Aço (CBCA), este sistema reduz o tempo de construção entre 25% e 40% em relação ao concreto moldado in loco (MARTINS; 2013).

Figura 10 – Lajes Stell deck

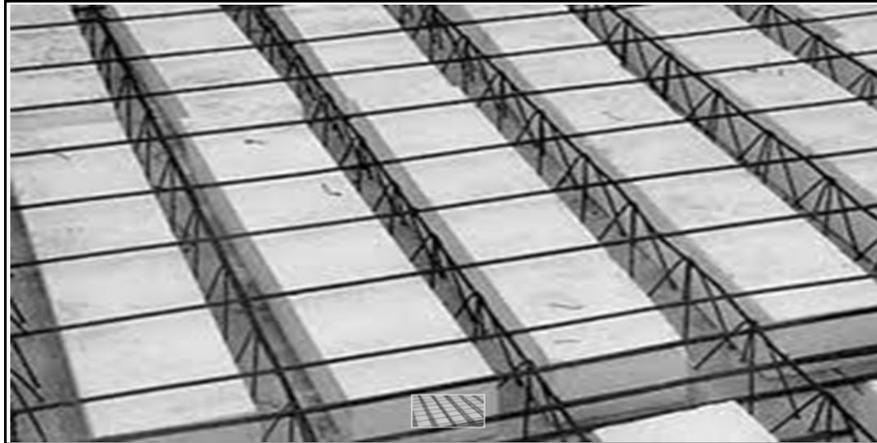


Fonte– MARTINS (2013)

- Laje treliçada: O Painel de laje treliçada é composto por uma base de concreto estrutural e armadura treliçada, englobada em partes na região da armadura inferior de tração, obtendo-se junto com uma capa de concreto, adicionado em obra, com trabalhabilidade e espessura de acordo com o projeto da laje, obtendo-se uma laje

treliçada maciça e pré-fabricada. Trabalhar sobre e sob uma Laje Treliçada é bem mais seguro que em uma laje convencional, pois a treliçada aceita qualquer sobrecarga em razão de uma forte vocação técnica que o conjunto dos elementos estruturais oferece, figura 11. Conseqüentemente é permitida maior distribuição de paredes sobre a laje, sem qualquer vigamento extra, pode vencer vãos de até 12m entre apoios. Conforme artigo técnico do portal metálica Colaboração do Eng Civil Carlos Freire.

Figura 11 – Laje Treliçada



Fonte– FREIRE (2006)

3.3.3 Vedações Internas e Externas

- Alvenaria, Blocos: Conhecida como alvenaria de vedação é dimensionada apenas para resistir ao seu peso próprio. A vedação utilizando alvenaria nada mais é que a construção de paredes utilizando unidades unidas entre si por argamassa. Estas unidades podem ser blocos de cerâmica (tijolos ou de concreto e pedras). Vedações com alvenaria podem ser usadas como vedações internas e externas, figura 12.

Figura 12 – Vedação por Alvenaria

Fonte– FREIRE (2006)

- Dry Wall: Conhecida como parede seca, amplamente utilizada na Europa e Estados Unidos, chegou ao Brasil a cerca de uma década, e sua utilização só vem crescendo. É composta por uma estrutura rígida e formada por perfis de aço galvanizado – onde são parafusadas as chapas de gesso, compostas por um miolo dos mesmos materiais e aditivos envoltos por papel cartão especiais conforme figura 13. Em ambos os lados, permanece uma estrutura oca por onde passam as instalações elétricas, sistemas hidráulicos e de telefonia. Podendo ter em seu interior painéis de lã mineral como revestimento para um maior conforto acústico. Mais utilizado em sistemas construtivos, Steel Frame, mas plenamente possível sua utilização em outros sistemas estruturais como o metálico. As paredes secas têm como vantagem o tempo de execução mais curto; espessura da parede ser inferior às convencionais, aumentando o espaço interno da construção; É de fácil manutenção; A construção não necessita do uso da argamassa; O reparo é feito sem barulho ou sujeira; Aceita qualquer tipo de revestimento, entre outras (FREIRE, 2006).

Figura 13 – Vedação por Dry Wall



Fonte– PLANAM (2008)

- Painéis: São peças pré-moldadas que garantem a vedação externa dos edifícios podendo ser realizada com elementos estruturais, fechando todo o vão ou apenas parte. Podem conter aberturas e esquadrias, figura 14. São posicionados externamente à estrutura, como uma pele. Os painéis não necessitam de uma estrutura auxiliar de apoio, o que é provido apenas pela sua própria geometria e resistência. Podem ser de vários materiais (SILVA, 2012).

Figura 14–Vedação por Painéis



Fonte– SILVA (2012)

- Vidro: Quando o vidro é utilizado como painel de vedação, deixando a estrutura do edifício aparente, é aconselhável que ele seja encaixilhado em um perfil, figura 15. Dentro das opções oferecidas pela construção industrializada no Brasil, a

opção mais usual é o perfil de alumínio extrudado (GELINSKI, 2006).

Figura 15 – Painéis de vidro



Fonte– GELINSKI (2006)

Para a melhor escolha da configuração do sistema em aço a CBCA – Centro Brasileiro da construção em aço adota o método de se colocar um valor (um peso) de 1 – 5 para os itens (características) de maior importância na construção avaliada; Considerando os itens especificados acima em sua relação: Influência no custo final, influência no prazo de entrega da obra, disponibilidade de fornecimento, mão de obra disponível, nível de capacitação da mão de obra, produtividade, interferência com outros subsistemas, durabilidade, manutenção, estágio de normatização, perdas, sustentabilidade entre outros itens que também podem ser observados (PENNA ,2013).

Segue abaixo tabela 4 CBCA como exemplo de como construir em aço:

Tabela 4 - Tabela Exemplo – Configuração do sistema de Aço

| CONFIGURAÇÃO DO SISTEMA EM AÇO | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------------------------------------|-------------------------------------|---|------------------|--------------------|-------------------|------------|--------------------|-------------------|----------|-------|-------------------|---------|--------|
| PROJETO: | | Edifício Comercial 8 pavimentos | | | | | | | | | | | | |
| Item | Características | Peso de (1 a 5) Importância da obra | Nota -> de (1 a 10)- Mérito do sistema estrutural | | | | | | | | | | | |
| | | | Estabilidade Horizontal | | | Tipo de Laje | | | Vedações Internas | | | Vedações externas | | |
| | | | Contra ventada | Pórticos rígidos | Núcleo de concreto | Laje Plana Maciça | Steel-deck | Pré laje Treliçada | Alvenaria | Dry-Wall | Bloco | Alvenaria | Painéis | Vidros |
| 1 | Influência no custo final | 3 | 8 | 5 | 2 | 6 | 7 | 5 | 3 | 5 | 4 | 4 | 5 | 3 |
| 2 | Influência no no prazo de obra | 5 | 8 | 5 | 2 | 6 | 7 | 5 | 3 | 5 | 4 | 4 | 5 | 3 |
| 3 | Disponibilidade de fornecimento | 3 | 8 | 5 | 2 | 6 | 7 | 5 | 3 | 5 | 4 | 4 | 5 | 3 |
| 4 | Mão-de-obra disponível | 4 | 8 | 5 | 2 | 6 | 7 | 5 | 3 | 5 | 4 | 4 | 5 | 3 |
| 5 | Nível de cap. De mão-de-obra | 4 | 8 | 5 | 2 | 6 | 7 | 5 | 3 | 5 | 4 | 4 | 5 | 3 |
| 6 | Produtividade | 4 | 8 | 5 | 2 | 6 | 7 | 5 | 3 | 5 | 4 | 4 | 5 | 3 |
| 7 | Interferência com outros subsistemas | 3 | 8 | 5 | 2 | 6 | 7 | 5 | 3 | 5 | 4 | 4 | 5 | 3 |
| 8 | Durabilidade | 3 | 8 | 5 | 2 | 6 | 7 | 5 | 3 | 5 | 4 | 4 | 5 | 3 |
| 9 | Manutenção | 3 | 8 | 5 | 2 | 6 | 7 | 5 | 3 | 5 | 4 | 4 | 5 | 3 |
| 10 | Estágio de Normalização | 5 | 8 | 5 | 2 | 6 | 7 | 5 | 3 | 5 | 4 | 4 | 5 | 3 |
| 11 | Perdas | 5 | 8 | 5 | 2 | 6 | 7 | 5 | 3 | 5 | 4 | 4 | 5 | 3 |
| 12 | Sustentabilidade | 5 | 8 | 5 | 2 | 6 | 7 | 5 | 3 | 5 | 4 | 4 | 5 | 3 |
| 13 | Valor perdido pelo cliente | 4 | 8 | 5 | 2 | 6 | 7 | 5 | 3 | 5 | 4 | 4 | 5 | 3 |
| 14 | Imagem da empresa | 4 | 8 | 5 | 2 | 6 | 7 | 5 | 3 | 5 | 4 | 4 | 5 | 3 |
| MÉDIA = $\frac{\sum(\text{peso} \times \text{nota})}{\sum \text{peso}} \rightarrow$ | | 55 | 8 | 5 | 2 | 6 | 7 | 5 | 3 | 5 | 4 | 4 | 5 | 3 |

Fonte– CBCA; PENNA (2013)

3.4 VANTAGENS E DESVANTAGENS DO USO DA ESTRUTURA METÁLICA

Todo sistema estrutural possui suas vantagens e desvantagens dentro de sua execução.

Segue abaixo alguns itens de acordo com o boletim 09/87 da ABCEM – Associação brasileira de construção metálica que mostram as vantagens das estruturas metálicas:

- Menores dimensões nas peças: Devido a alta resistência e os esforços solicitantes é possível um dimensionamento capaz de prever peças de dimensões e pesos menores. Exemplo de vigas que a metade de h é 1/6 do peso quando comparado sistema aço x concreto.

- Liberdade no Projeto: A grande resistência do aço à tração e compressão permitem aos seus elementos vencer vãos maiores com menores dimensões das peças e menores pesos.

- Maior Precisão de dimensões: Como a maioria das peças já vem pronta de fábrica, com uma mão de obra especializada as precisões dos componentes estruturais de níveis e prumo são mais minuciosas. Acessórios como portas janelas, podem ser encomendados antecipadamente tornando a qualidade da obra melhor devido a compatibilidade com os processos industrializados.

- Reforço da estrutura: Quando e se necessário a estrutura sofrer um aumento de carga, o sistema estrutural pode ser facilmente reforçado com o uso de soldagem de chapas e perfis.

- Resistência à corrosão: realizando os procedimentos necessários como pinturas galvanização a estrutura metálica resiste muito bem à corrosão.

- Fundações com menos cargas: Em se comparando com estruturas de concreto armado as vigas, pilares e lajes são bem mais leves, (cerca de seis vezes mais leves), proporcionando um alívio às cargas de fundação; gerando uma economia em torno de 30%.

- Agilidade na execução da obra: Em se tratando de estrutura metálica essa é sem dúvida sua maior vantagem, quando comparado com concreto armado o cronograma da entrega da obra pode ser adiantado em até 40%.

- Organização do Canteiro: Como as peças vêm prontas de fábricas a organização do canteiro precisa ser apenas para montagem da estrutura que em sua maioria é feita por meio de parafusos e soldas e circulação de guias e guindastes.

Em contra partida suas desvantagens são:

- Custo inicial alto: comparado com o concreto, seu custo inicial é cerca de 10% maior, representando um valor de 25% a 30% do custo da obra em aço.

- Mão de obra especializada: Devido à precisão de soldas e parafusos, projetos milimetricamente detalhados, as estruturas metálicas necessitam de mão de obra altamente qualificada; o que não se acha com a mesma facilidade para trabalhar com concreto.

- Resistência a fogo: O aço perde cerca de 50% de sua resistividade em temperaturas com mais de 550° C.

3.5 COMPARAÇÃO ENTRE ESTRUTURA METÁLICA E CONCRETO ARMADO

Atualmente, o sistema construtivo mais usado no Brasil ainda é com estruturas de concreto armado. Sendo assim segue abaixo quadro 1 comparativo exposto pelo escritor e pesquisador Paulo Alcides Andrade no Site da revista eletrônica Metálica, dos principais itens relacionados com estruturas metálicas e estruturas de concreto.

Quadro 1 – Quadro Comparativo Estruturas de Aço x Concreto Armado (Continua)

| QUADRO COMPARATIVO | |
|---|---|
| Edifícios de Estruturas metálicas | Edifícios com estruturas de concreto |
| 1) Na Administração da obra | |
| Execução em fábrica, apenas montado no canteiro | Execução predominantemente no Canteiro |
| Grande precisão dimensional | Menor precisão dimensional |
| Grande precisão quantitativa dos materiais | Maior dificuldade de precisão de quantidades |
| Poucos itens de materiais (aço, parafusos, eletrodos) (tintas) | Maior diversificação de materiais (cimento, areia, brita, água, formas de madeira, ferros, aceleradores, etc.) |
| Qualidade garantida das matérias primas (pelas usinas) | Dificuldade de garantia de qualidade - maior controle necessário |
| Uniformidade das matérias primas | Variedade dependendo da procedência |
| Pouca quantidade de homens na obra (menos problemas trabalhistas) com maior qualificação | Maior quantidade de pessoal na obra, com menor qualificação (mais do dobro ou triplo) |
| Canteiro diminuto (material chega pronto no tempo certo) | Canteiro maior para matérias primas e manuseio |
| Simplificação do canteiro (minimização ou exclusão de escoramento para forros de laje) | Canteiro mais completo, existência de escoramentos com pontaletes. |
| Obra seca | Obra com muito uso de água |
| Maior facilidade de Fiscalização | Fiscalização mais completa |
| 2) Nas Fundações | |
| Leveza estrutural | Peso estrutural maior |
| 40 a 80 Kg/m ² (vigas e colunas) | 250 a 350 kg/m ² (vigas e colunas) |
| Menores cargas nas bases | Bases mais solicitadas |
| Volumes menores nos blocos | Maiores volumes |
| Sistemas mais econômicos | Sistemas mais onerosos |

Fonte– ANDRADE (2014)

Quadro 1 – Quadro Comparativo Estruturas de Aço x Concreto Armado (Conclusão)

| QUADRO COMPARATIVO | |
|---|--|
| Edifícios de Estruturas metálicas | Edifícios com estruturas de concreto |
| 3) Nas Lajes | |
| Quando lajes de concreto lançado Formas apoiadas diretamente no vigamento | Necessita maior escoramento para formas |
| Grande rigor nos níveis | Menor rigor nos níveis |
| Liberação antecipada dos pavimentos para outras operações | Impedimento de trânsito enquanto escorado |
| Maior velocidade da construção | Velocidade dependendo da cura do concreto das colunas |
| Facilidade de escadas pré-fabricadas | Dificuldade na execução de formas para escada |
| 4) Nas Paredes (Alvenarias e outros materiais) | |
| Precisão milimétrica | Maior variação dimensional |
| Esquadros e prumos exatos resultando em maior perfeição da execução, com tempo reduzido. | Irregularidade de prumos e esquadro, aumentando o tempo de execução com enchimentos. |
| Sensível economia na mão de obra de execução | Custo de execução mais onerosa em vista de imperfeições |
| 5) Nos Revestimentos | |
| Níveis precisos nas lajes e prumos exatos minimizam massas de revestimentos em pisos e paredes com economia do peso | Necessita de maior espessura de revestimento em lajes e paredes |
| Facilita o uso de materiais complementares pré-fabricados (painéis, forros, etc.) | Necessita aplicação de insertes e elementos de regulagem na fixação |
| 6) Instalações Elétricas - Hidráulicas- Proteção contra fogo e Instalações do canteiro | |
| Pilares e vigas podem ser furados na fábrica ou na obra | Dificuldade de execução de furos nas colunas e vigas |
| Facilita passagem de tubulações, permite alteração nas instalações da obra | Impossibilidade de alteração após a execução da estrutura |
| Necessita proteções contra fogo mais sofisticadas | Proteção contra fogo simplificada |
| 7) Prazos | |
| Simultaneidade de execução da estrutura e fundações | Dependência de terminar as fundações para iniciar a execução da estrutura |
| Avanços da montagem de 3 em 3 pavimentos | Avanços de 1 em 1 pavimento |
| Possibilidade de alvenarias acompanharem a montagem | Dificuldade de execução de paredes enquanto a estrutura estiver escorada |
| 8) Custo Financeiro | |
| Prazos finais reduzidos | Maiores prazos aumentam os custos |
| Retorno mais rápido e utilização antecipada | Maiores prazos aumentam os custos |

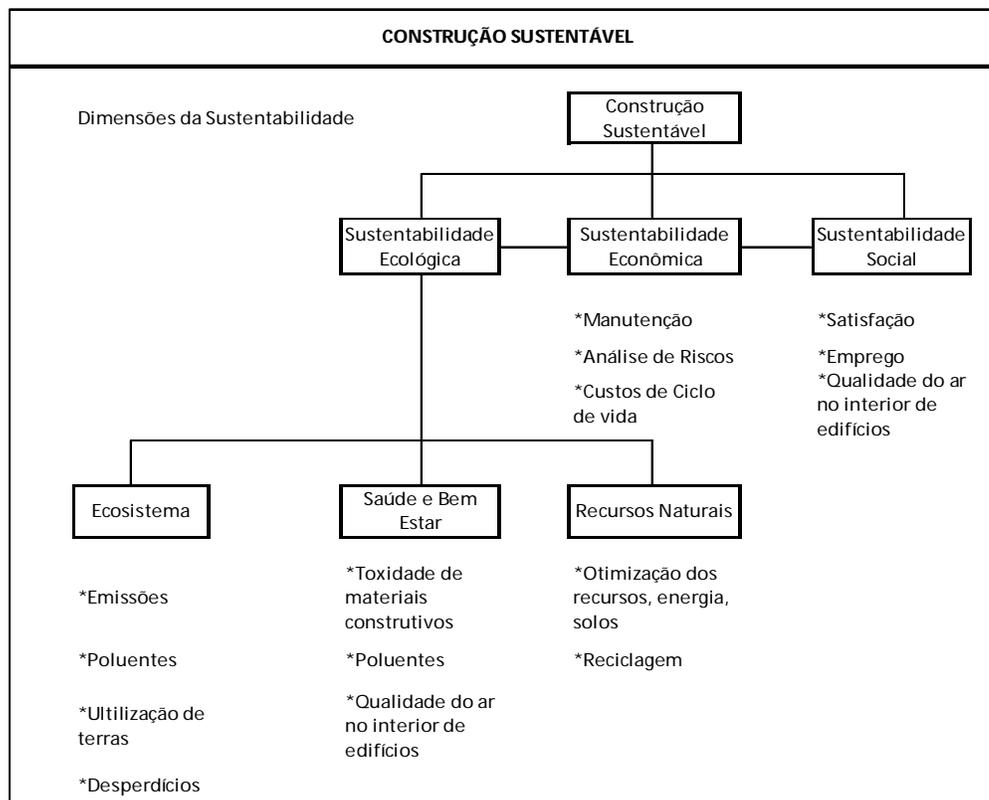
Fonte– ANDRADE (2014)

4 SUSTENTABILIDADE

Questões como a sustentabilidade têm sido cada vez mais discutidas nos dias atuais. O conceito de sustentabilidade é a capacidade de um indivíduo, grupo de indivíduos ou empresas e aglomerados produtivos em geral; têm de manterem-se inseridos num determinado ambiente sem, contudo, impactar violentamente esse meio. Assim, pode-se entender como a capacidade de usar os recursos naturais e, de alguma forma, devolvê-los ao planeta através de práticas ou técnicas desenvolvidas para este fim (NEVES, 2010).

Dentro da construção civil podemos ver a sustentabilidade como algo inovador onde se visa satisfazer as necessidades da sociedade atual sem comprometer as gerações futuras conforme figura 16. Usando esse conceito de desenvolvimento sustentável pode se aplicar ao processo da construção, desde a extração das matérias primas, passando pelo planejamento, projeto e construção de edifícios e infraestruturas, até à sua demolição final e gestão dos resíduos dela resultantes.

Figura 16 – Fluxograma da Construção Sustentável



Fonte– NEVES (2010)

4.1 AÇO E ESTRUTURAS METÁLICAS DENTRO DA SUSTENTABILIDADE

Todo o processo da construção tradicional (concreto armado) influencia para um aumento significativo nos impactos ambientais. Os resíduos gerados pela construção constituem uma enorme proporção no volume de aterros, as emissões de poeiras e partículas geradas durante o processo construtivo podem causar problemas sérios para a saúde pública.

Construções em estruturas metálicas vêm se destacando na sustentabilidade por características próprias que garantem seu diferencial, tais como: Economia de tempo e dinheiro, organização do canteiro de obras, diminuição de resíduos ao mínimo (sendo que em sua maioria são recicláveis), ou seja, desperdício zero; entre outros itens. Como as peças já chegam no canteiro pré-fabricadas, apenas para montagem em obra, o ambiente de trabalho se torna mais limpo e seguro Conforme Figura 17.

O uso das estruturas metálicas minimiza os níveis de poluição e de ruído no estaleiro da obra, facilitam à instalação de infraestruturas, cabos, condutos e outros equipamentos, A maior leveza das estruturas metálicas reduz o impacto das estruturas no solo de fundação e permite reduzir as dimensões das fundações.

O Aço, principal material utilizado nas estruturas metálicas é 100% reciclável, tem um longo ciclo de vida, permitindo amortizar facilmente os impactos ambientais devidos à sua fase de produção.

Um projeto sustentável utiliza de forma eficiente as estruturas existentes, poupando dinheiro e protegendo a saúde pública, o ambiente e os recursos naturais.

Figura 17 – Fluxograma da Construção Sustentável



Fonte– NEVES (2010)

5 A ARQUITETURA E O AÇO

A demanda no uso de estruturas metálicas vem crescendo nos últimos anos no Brasil. As necessidades de clientes que visam racionalização na obra e projetos eco eficientes fazem da estrutura metálica a melhor opção. A arquitetura para estruturas metálicas permite criações onde o arquiteto e projetista tem liberdade para trabalhar com grandes vãos, soluções arrojadas, alto índice de precisão e economia de tempo, espaço e custos.

No hemisfério Norte, temos vários exemplos de arquitetura criada sobre pilares e vigas de aço: da turística Torre Eiffel, em Paris, aos arranha-céus norte-americanos da Escola de Chicago e, mais recentemente, às pontes e passarelas de Santiago Calatrava, com exemplares na América Latina – como a Ponte da Mulher, em Puerto Madero, Buenos Aires.

“Apenas nos últimos 15 anos o Brasil começa a explorar com mais intensidade essa alternativa estrutural. Enquanto na Inglaterra cerca de 70% dos prédios com mais de quatro andares usam estrutura de aço, no Brasil, com uma cultura construtiva que sempre se baseou no concreto, esse percentual não passa de 5%”. (NAKAMURA, 2006, ed.152)

O Centro Brasileiro da Construção em Aço – CBCA entidade gerida pelo Instituto Aço Brasil, procura ampliar a participação da construção em aço no mercado nacional e prevê um crescimento de 10% ao ano, na utilização do aço na construção civil.

“O aço é uma marca nos projetos em que sustentabilidade, funcionalidade e economia estão em primeiro plano”. Assim diz o Arquiteto Volkwin Marg, um dos responsáveis pelos projetos de construção e ampliação dos estádios da copa do mundo 2014 no Brasil (NAKAMURA, 2006).

O Brasil enfrenta atualmente uma ausência de estética no que se refere a construções em aço. Aprendeu-se a trabalhar e a criar usando a madeira o Concreto mas o aço precisa de inovação.

O Arquiteto Penna, criador de diversos projetos em estruturas metálicas, tais como: a Escola Guignard, em Belo Horizonte, e o Expominas, também na capital

mineira, onde o aço foi empregado para obter, nos três pavilhões, vão livres de 75 m e pés-direitos de 17,50 m; Defende mais criatividade na estética das construções com aço.

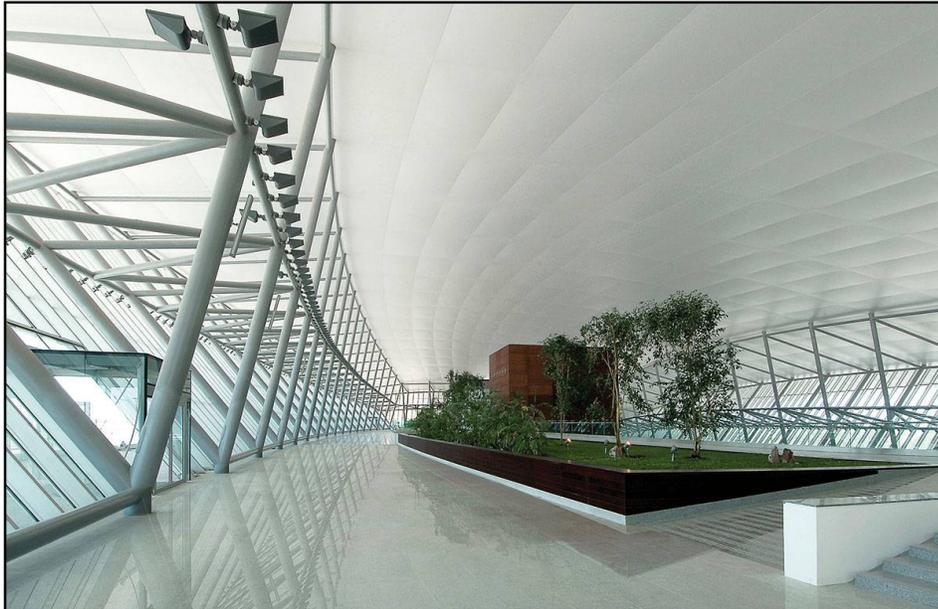
“O Brasil Criou uma estética em concreto, então, porque não pode criar uma com aço?” (PENNA, 2013, P. 2)

Ao se construir em estrutura metálica, o projetista precisa levar em conta as particularidades do aço, conhecer a fundo suas limitações e condicionantes. O Projeto de arquitetura e projetos complementares como o civil, o elétrico, o hidráulico, ar condicionado, instalações especiais, devem ser desenvolvidos de forma integrada, pois a estrutura metálica é um sistema industrializado e qualquer falha neste processo, pode comprometer todo o bom andamento da obra.

O objetivo do módulo fundamental no projeto de arquitetura metálica “é proporcionar ao arquiteto inúmeras possibilidades de um desenho variado dentro do processo de fábrica.” (PENNA, 2013).

Na imagem da figura (Figura 18 e 19) logo abaixo vemos o Aeroporto Internacional de Carrasco no Uruguai. Exemplo de criatividade e tecnologia de ponta, criado com a temática do relevo do País, o projeto tem como destaque a cobertura, que remete à paisagem do Uruguai, com seu relevo suave, montanhas sem cortes abruptos e curvas delicadas. Mostrando que é plenamente possível edificação em estrutura metálica com arquitetura criativa e inovadora.

Figura 18 – Aeroporto Internacional de Carrasco no Uruguai



Fonte– VINOLY (2012)

Figura 19 – Aeroporto Internacional de Carrasco no Uruguai



Fonte– VINOLY (2012)

6 ESTUDO DE CASO

6.1 APRESENTAÇÃO

Os Edifícios Comerciais educacionais são assim denominados por terem como objeto de negócio a divulgação e venda de conhecimentos, podendo atingir diversas áreas.

Neste estudo de caso abordaremos a respeito da construção do bloco da ampliação da biblioteca da Universidade UniEvangélica localizada no Setor Universitário na cidade de Anápolis estado de Goiás.

A edificação esta sendo construída para atender o aumento da demanda de materiais literários devido ao crescimento da universidade. A biblioteca atende todos os cursos ministrados na instituição e também é aberta a comunidade local.

Localizada em uma ampla área, mas com grande fluxo de pessoas, enfrentou alguns desafios para sua execução. A edificação que se trata de um bloco contendo 01 térreo e 03 pavimentos foi construída por inteiro com estruturas metálicas exceto sua fundação, o que garantiu grande agilidade e organização do canteiro, já que o principal desafio é não interferir na rotina da faculdade.

Figura 20 – Estrutura Metálica do Bloco de Ampliação da Biblioteca



Fonte – autor, 2015

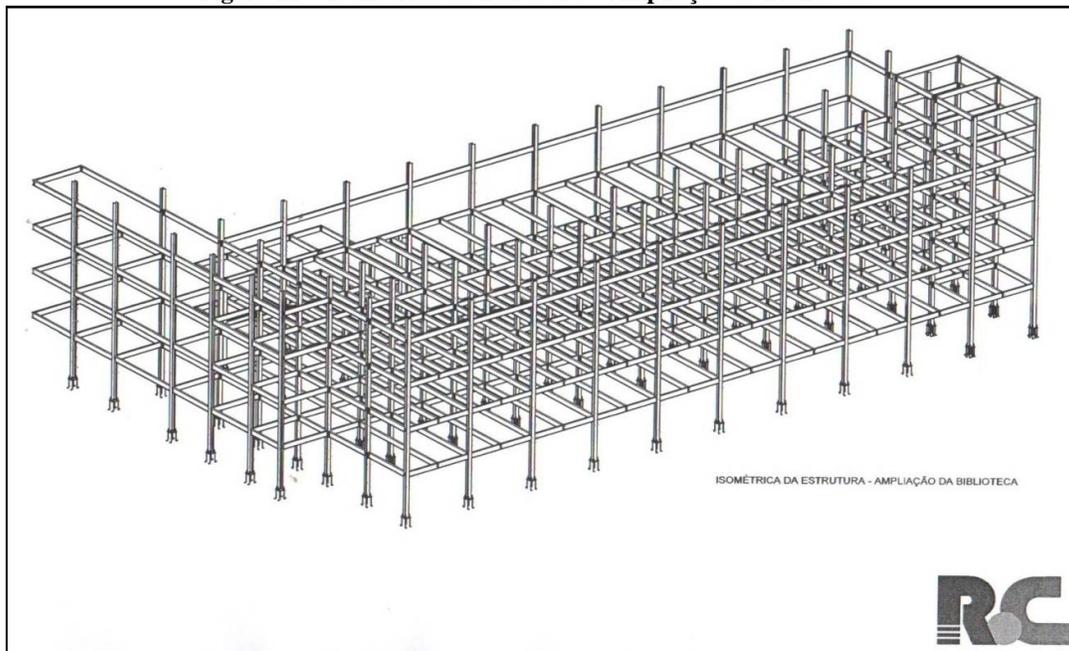
6.2 VIABILIDADE DA EDIFICAÇÃO

Existem atualmente empresas especializadas em estruturas metálicas em toda a parte do país. Como abordado em tópicos anteriores, para se trabalhar com sucesso de qualidade e custo na parte de estrutura metálica é necessária uma boa equipe de execução de projetos, detalhados milimetricamente, bem como uma equipe apta para o processo de montagem da estrutura em obra. Geralmente os donos ou administradores

da obra optam por contratar empresas terceirizadas que entregam a estrutura pronta na obra, restando apenas completar a parte de vedação e instalações elétricas e hidráulicas que constam juntamente com o projeto da estrutura compatibilizado e os projetos complementares os quais já ficam definidos. E é o que está sendo feito com o bloco de ampliação da biblioteca da Universidade em estudo.

O que viabilizou a construção em estrutura metálica segundo dados coletado através do Professor orientador Engenheiro Civil Rogério Cardoso o qual também foi um dos responsáveis pelo projeto e execução, foi o prazo rápido para execução da obra (estimado em quatro meses) e o custo final quando comparado a estrutura de concreto armado. Por se tratar de um edifício comercial educacional a obra precisaria cumprir requisitos importantes para o bom funcionamento do ambiente ao seu redor; cujos principais eram manter o canteiro de obras o mais organizado possível, conseguir construir dentro do prazo determinado, para que o andamento dos cursos e novas turmas não fossem prejudicados, conseguir grandes vãos sem esquecer-se da resistência da estrutura, alcançando assim espaços internos maiores para um ambiente mais arejado e com bom fluxo nos corredores, já que arquitetonicamente, as colunas de aço ocupam um menor espaço em relação aos pilares de concreto armado. Com Base nessas observações e pesquisas já existentes na área verificou-se ser a estrutura metálica a mais viável para a edificação em questão (CARDOSO 2015).

Para melhor análise da viabilidade da edificação em aço, serão observados 6 etapas/processos da construção. Como a edificação ainda está em andamento usaremos dados de projetos e dados coletados de entrevistas apresentados pela empresa RC Projetos e Consultoria em aço assim representada pelo Engenheiro Civil Rogério Santos Cardoso, responsável pela estrutura metálica do bloco, figura 21.

Figura 21 – Isométrica da Estrutura – Ampliação da Biblioteca

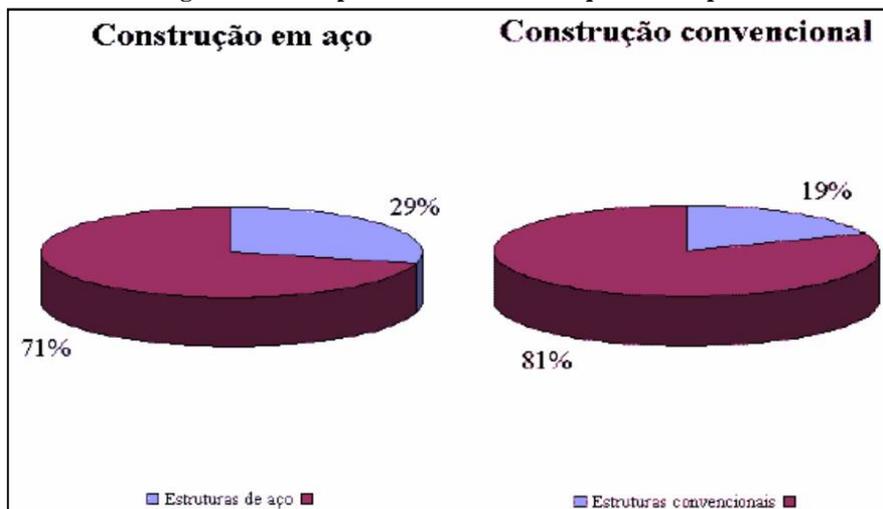
Fonte– CARDOSO, 2015 (RC Projetos e Consultoria em Aço)

6.3 CUSTO DAS ESTRUTURAS

Para análise de custos da estrutura metálica em contexto geral o Engenheiro civil Carlos Freire escritor do artigo “Análise Comparativa: Custos Estrutura Metálica X Estrutura de Concreto” descreve no site da revista eletrônica: Metálica, alguns resultados obtidos ao longo de sua pesquisa na área.

No requisito comparativo com estruturas de concreto armado (o que é mais utilizado no Brasil), a estrutura de aço representa cerca de 29% dos custos gerais da edificação. E a estrutura de concreto armado cerca de 19%, como pode ser visto na figura 22. Considerando o custo total da obra em 100% verificamos que apenas nas análises das estruturas, a estrutura convencional ficaria 10% mais barata.

Figura 22 – Comparativo de estruturas quanto ao tipo

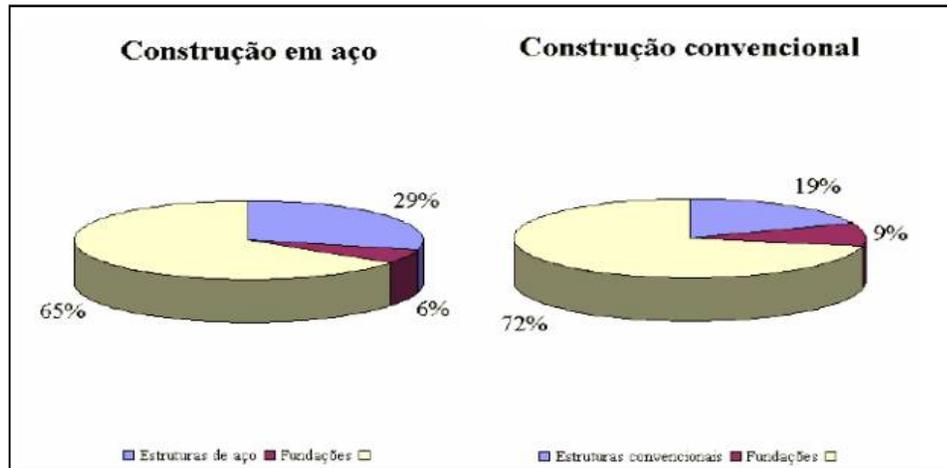


Fonte– FREIRE (2006)

6.4 FUNDAÇÃO

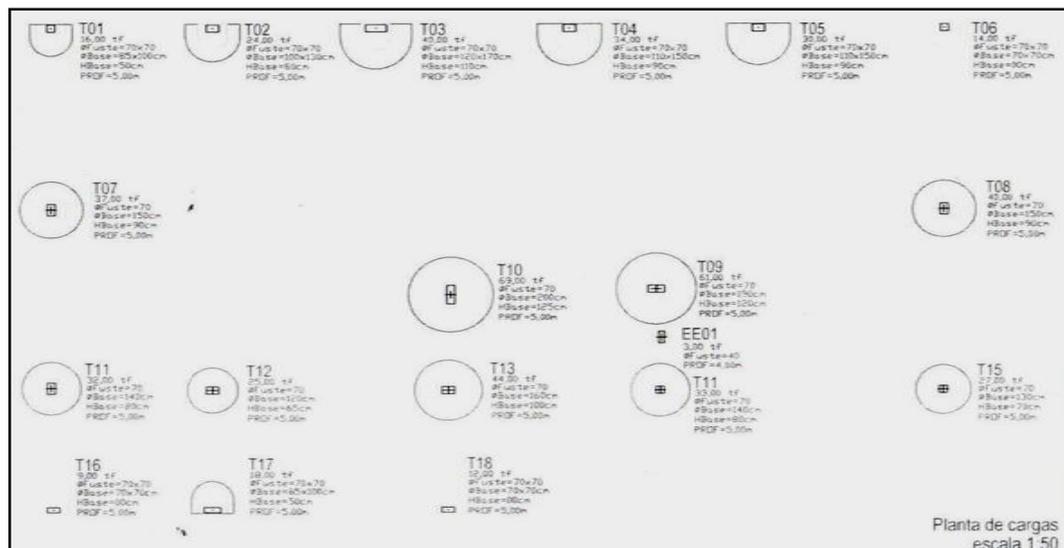
Na fundação está sendo utilizado tubulões circulares e estaca escavada com fck mínimo de 25 MPa especificado em projeto conforme figura 24 e 25. Sendo a estrutura da edificação em aço, o qual possui uma relação excelente de carga suportada/peso de aço, as cargas que passam pela fundação se tornam mais leves, gerando assim uma economia significativa. Na figura 23, são indicados em porcentagens relativas ao custo total da obra os custos para fundações devido as cargas de fundações proporcionadas pelas estruturas em aço e estruturas de concreto armado, observando reduções nos custos de até 3%. (CARDOSO 2015) (FREIRE, 2006).

Figura 23 – Economia nas Fundações com estruturas metálicas



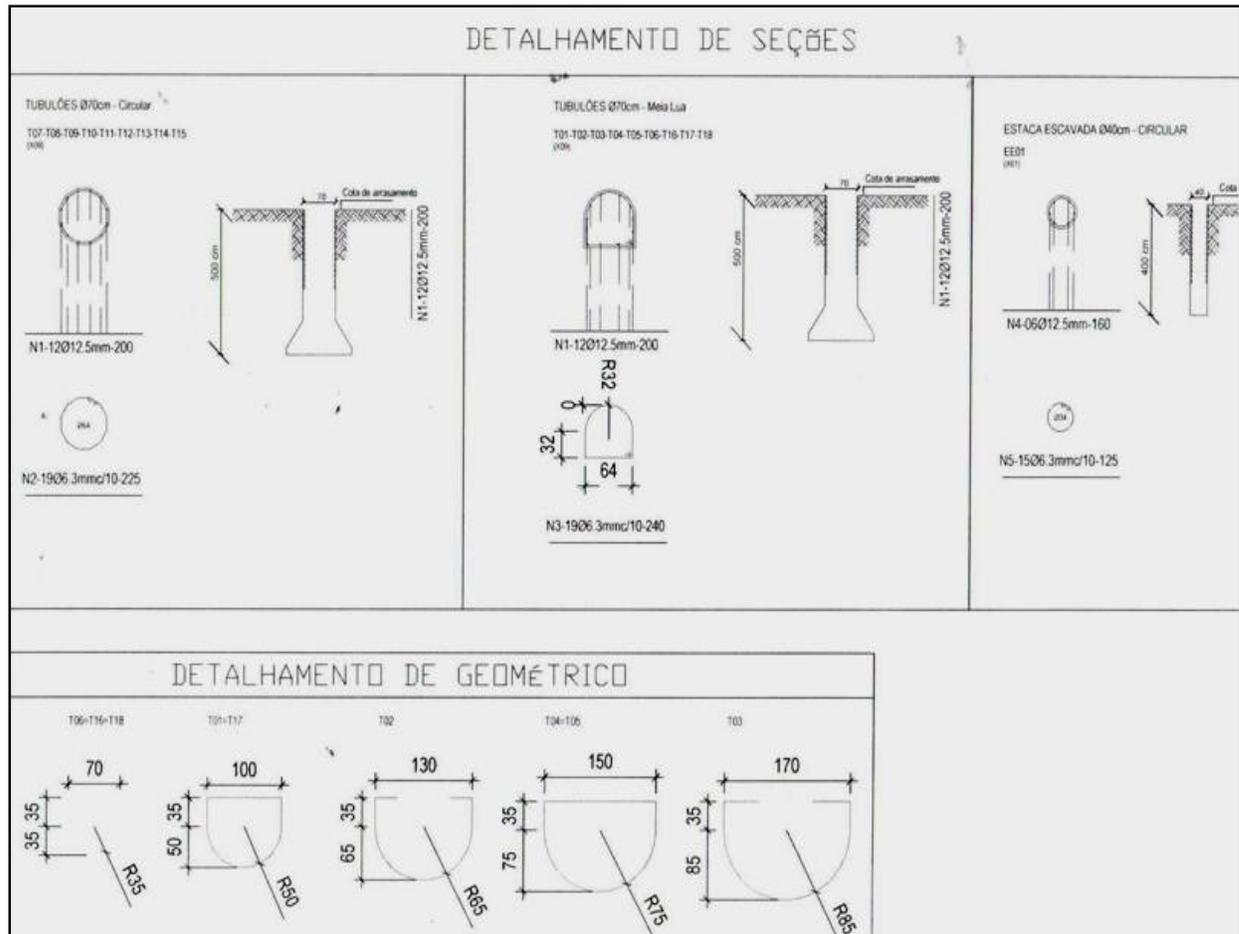
Fonte- FREIRE (2006)

Figura 24 – Planta de Carga para Fundação – Ampliação da Biblioteca



Fonte- CARDOSO, 2015 (RC Projetos e Consultoria em Aço)

Figura 25 – Detalhamento do projeto de Fundação – Ampliação da Biblioteca



Fonte– CARDOSO, 2015 (RC Projetos e Consultoria em Aço)

6.5 ALVENARIA E REVESTIMENTO

Nas construções com estruturas de concreto armado, é normal observarmos a existência de desvios de posição devido à deslocabilidade das fôrmas para concretagem, gerando assim um custo adicional das chamadas argamassa de correção de prumo e nivelamento, sem contar com o processo de construção das escadas que acaba sendo de forma artesanal e com número maior de imperfeições devido a minuciosidade da estrutura e a robustez das formas de madeira que possuem uma probabilidade grande de se movimentarem no processo de lançamento de concreto e cura.

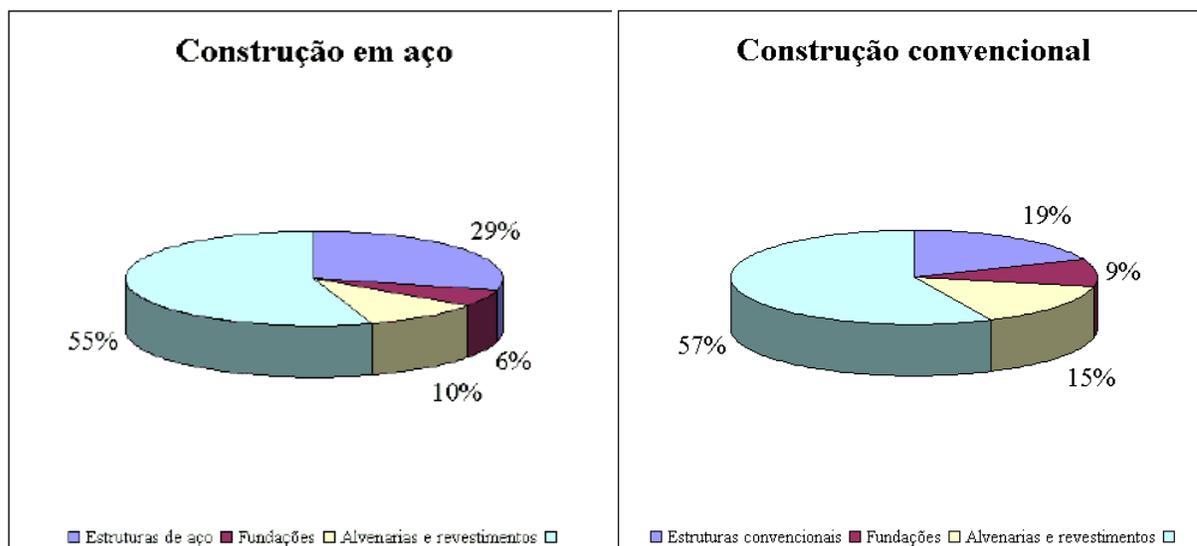
A estrutura de aço devido sua precisão construtiva proporcionará a edificação quase que total ausência de desvios, gerando assim economia nas correções de prumo,

mão de obra e nivelamento de pisos. Embora a edificação ainda não esteja nesta etapa, estima-se uma economia significativa, sendo que nas estruturas de concreto armado a estimativa de utilização de argamassas de nivelamento é de até 8%.

As alvenarias de revestimento executadas em edificações com estruturas metálicas, segundo estudos do Engenheiro Carlos Freire podem garantir uma economia de até 10%. Devido à precisão da estrutura metálica as correções de níveis são praticamente inexistentes, o que reduz custos no tempo de assentamento de tijolos e aplicação de argamassas de regularização e acabamento; Sem contar que o custo das escadas já fica dentro do valor orçado da estrutura metálica.

O tipo de alvenaria e revestimento que serão usados no bloco de ampliação da biblioteca será o uso do tradicional tijolo com argamassas de revestimentos e pintura, no qual se pretende revestimento das paredes internas com cerca 0,5 cm de espessura garantindo assim uma redução de custos substancial (FREIRE; 2006).

Figura 26 – Economia nas Alvenarias de revestimento em edificações com estruturas metálicas



Fonte– FREIRE (2006)

6.6 INSTALAÇÕES DE UNIDADE, EQUIPAMENTOS E MANUTENÇÃO DE CANTEIRO

A Construção convencional, segundo pesquisas e trabalhos publicados por especialistas da construção civil, é responsável por gerar uma quantidade alarmante de entulhos e desperdícios chegando a alcançarem de 15% a 20% do valor total da obra.

As estruturas de aço são peças pré-fabricadas e montadas em obra o que faz com que esse sistema estrutural consiga reduzir as perdas de materiais para quase nulas. Para que isso ocorra, uma das iniciativas a se tomar é que toda a parte de projetos de instalação (Hidráulicos, - sanitários, elétricos, ar condicionado, telefonia entre outros) seja concluída antes do detalhamento estrutural do aço. Como os perfis metálicos são peças de custo elevado, medidas assim reduzem a improvisação em canteiro, atingindo economia de até 25% (ou mais) no custo das instalações, tanto em diminuição de desperdícios quanto na agilidade da execução do processo. As instalações dos canteiros de obra das edificações em estruturas metálicas são extremamente limpas e organizadas, de forma a permitir maior espaço para maquinários e armazenamento de materiais.

Normalmente as estruturas metálicas são adquiridas montadas, gerando benefício para o construtor civil que fica livre do ônus da contratação e manutenção de uma equipe, o quais são totalmente necessários para a execução de uma estrutura convencional.

Na figura 27 podemos analisar a liberdade de espaço no canteiro e a parte estrutural da edificação, o qual esta sendo montada em obra.

Figura 27 – Estrutura metálica do bloco de ampliação da biblioteca



Fonte: autor, 2015

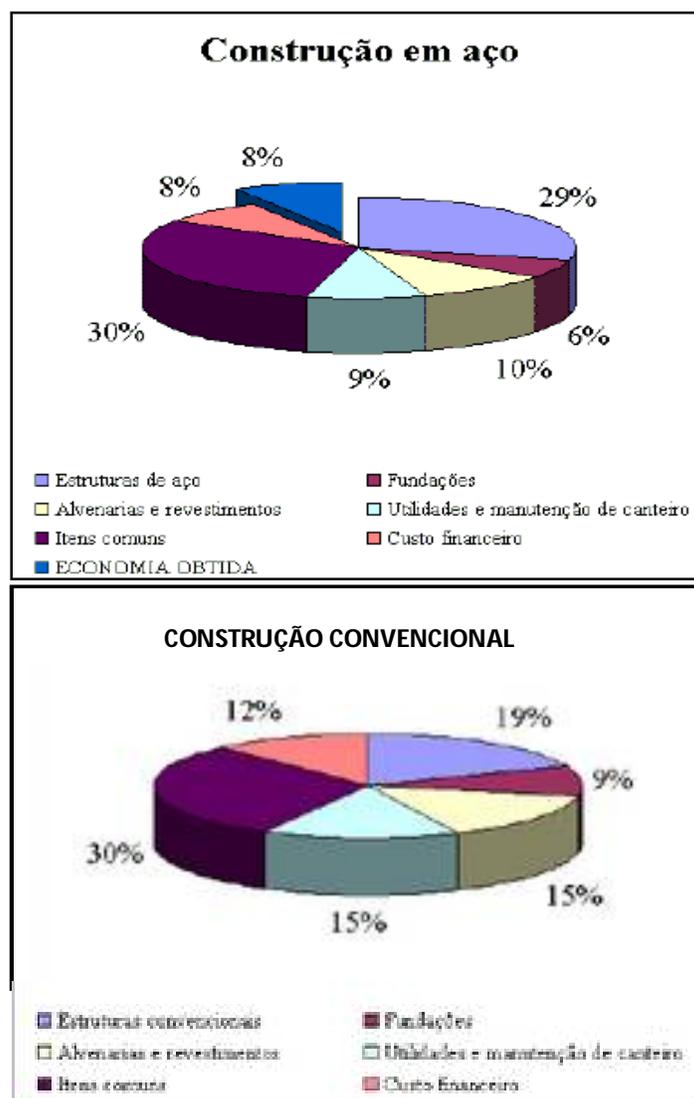
6.7 CUSTOS COMUNS

Os custos comuns tratam se dos custos dos demais componentes da edificação, tais como limpeza final da obra, esquadrias, vidros entre outros, podendo representar cerca de 30% dos custos diretos da construção (FREIRE, 2006).

6.8 ANÁLISE FINAL - CUSTOS FINANCEIROS

Ao compararmos apenas os gastos com a estrutura, toda construção com estruturas de aço seria inviável no mercado. Porém quando se tem um detalhamento de todo processo de construção da edificação desde as manutenções de canteiro, fundação, custos financeiros com impostos e mão de obra contratada até a cobertura e revestimentos observa-se uma economia de até 8% para construção com estruturas de aço conforme figura 28, o que a torna apazível diante de suas vantagens técnicas e de custos apresentadas neste estudo.

Figura 28 – Economia Obtida em Edificações com Estruturas Metálicas



Fonte– FREIRE (2006)

6.9 DESENVOLVIMENTO DA OBRA

Definido o tipo de estrutura do bloco de ampliação da biblioteca, começaram a verificar as opções viáveis para o início da obra. Como o bloco está localizado em uma área onde se tem movimentação de pessoas durante o período diurno, o abastecimento de materiais teve seu horário ajustado de forma que não chocasse com os horários de pico da faculdade.

Em se tratando de localização geográfica a edificação é de fácil acesso, com área ampla para manobras.

Devido a edificação ter por objetivo ser uma biblioteca, algumas características peculiares precisaram ser observadas. Os vãos devem ser maiores para assim proporcionar um ganho de área para ajustar as prateleiras, mesas de estudos, salas reservadas e corredores com circulação livre de pessoal.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para realização do estudo de caso, foi observado o bloco de ampliação da Biblioteca, embora não tenha tido uma análise com dados específicos de viabilidade detalhado, pôde-se chegar a conclusão que através de pesquisas já existentes no ramo da construção Civil e apresentado por vários profissionais da área, as estruturas metálicas são plenamente viáveis, em se tratando especialmente em edificações comerciais; tanto em custos financeiros quanto em praticidade no processo de construção.

Com a escolha do sistema estrutural em aço, a empresa terceirizada para realização dos projetos e da parte de execução e montagem da estrutura foi a empresa RC Construções Metálicas. O Engenheiro Civil Rogério Santos disponibilizou todos os projetos relativos a construção da estrutura, o qual se verificou que a estrutura feita em aço seria mais viável que a estrutura em concreto armado ao colocar em questão as prioridades da obra, quando e como construir em aço; por se tratar de uma Universidade, o bloco de ampliação da biblioteca deveria ser construído preservando ao máximo a organização do canteiro, o tempo especificado no cronograma da universidade de forma que não ocasionasse atrasos e demora na entrega da obra, considerando também a maior facilidade em conseguir grandes vãos, ganhos de espaços internos e orçamentos equivalentes quando se comparado à execução final da estrutura em aço e a de concreto armado.

Após serem analisadas as prioridades da obra verificamos que os gastos da estrutura em aço seria maior que a estrutura de concreto armado, quando colocados em questão a fundação, os reparos na alvenaria de revestimento (que são extremamente mais altos na estrutura de concreto armado), a parte de manutenção do canteiro e equipamentos, os desperdícios com materiais (madeira, agregados, escoras entre outros).

A construção em estrutura metálica se torna viável e com ganhos de lucro de cerca de 8%, analisados no contexto geral segundo pesquisas do Engenheiro Carlos Freire – Portal Metálica 2015.

REFERÊNCIAS

ABCCEM; **Associação Brasileira da Construção Civil**, Artigos Técnicos; Acesso em 27 de Março de 2015 <<http://www.abcem.org.br/artigos-tecnicos.php>>

ANDRADE, Paulo Alcides; **Pioneirismo em estruturas Metálicas**, Portal Metálica. Artigos Técnicos. Paulo Alcides Andrade. Acesso em 06 de Out de 2014.<<http://www.metallica.com.br/pioneirismo-em-estrutura-metalica-no-brasil>>

BAUER, L.A.F; **Materiais de construção**; v.2; 2ª ed., ED. LTC, 1985

BARRETO; Rodrigo Caldas; **Histórico, Introdução ao Aço**; 2010; CEAM – UF; Acesso em Dez de 2014 <<https://www.sites.google.com/site/acoufmg/home/historico>>

BELLEI, Ildoney H.; Pinho, Fernando O.; Pinho, Mauro O.; **Edifícios de Múltiplos andares em aço**. São Paulo: Pini, 2004, 454 p.

BERTOZZO, Gilson; **O Aço na sociedade Atual**; By Hayrton; Abril – 2012. Acesso em Dezembro de 2014 < <https://qualidadeonline.wordpress.com/2012/04/12/o-aco-na-sociedade-atual/>>

BEZERRA, Rafael; FRANSCISCA, Marta; **Sistemas estruturais de edificações e exemplos**; Universidade Estadual de Campinas. Campinas SP Julho de 2008. Departamento de Estruturas – DES; Orientador: Dr. Nilson Tadeu Márcia. Anais Eletrônico. Acesso em 06 de Out de 2014 <http://www.fec.unicamp.br/~nilson/apostilas/sistemas_estruturais_grad.pdf>

BRITO, Mauro César; SITE DOCENTE. Artigo. Anais eletrônicos. Acesso em 30 de Setembro de 2014. <[http://professor.ucg.br/siteDocente/admin/arquivosUpload/3095/material/Estruturas%20de%20Aco%20\(2010-2\).pdf](http://professor.ucg.br/siteDocente/admin/arquivosUpload/3095/material/Estruturas%20de%20Aco%20(2010-2).pdf)>

CAMACHO, Jefferson; **Introdução ao estudo do Concreto Armado**; Universidade Estadual Paulista. Ilha Solteira SP Julho de 2006. Anais Eletrônicos. Acesso em 06 de Out de 2014<<http://www.nepae.feis.unesp.br/Apostilas/Introducao%20ao%20estudo%20do%20concreto.pdf>>

CARDOSO; Marcos; **Tecnologia Era do Aço**; Diretor da Systemac, empresa especializada em estrutura metálica. Revista eletrônica PINI ed. 152 2006. Acesso em Dez de 2014 <<http://au.pini.com.br/arquitetura-urbanismo/152/artigo34881-2.aspx>>

CARDOSO; Rogério, RC Projetos e Consultoria em Aço;; Orientação deste Trabalho de Conclusão de Curso 2015; Projeto e Execução do Bloco de Ampliação da Biblioteca da Universidade UniEvangélica de Anápolis GO.

CÉZAR, Mauro; **Apostila Estruturas de aço**; Ed. 2 2010; Acessado em Dez de 2014 <<http://pt.scribd.com/doc/216659155/Apostila-Estruturas-de-aco-MAURO-CESAR-DE-BRITO-E-SILVA#scribd>>

CUNHA, Carlos Elson; **Estabilidade da Estrutura**; (1036 Slide Shares), Blogueiro, palestrante e pesquisador; Publicado em 2013; Acesso em Dezembro de 2014 <<http://pt.slideshare.net/EDEROLIVEIRA11/contraventamento>>

DES – Departamento de Estruturas; Faculdade de Engenharia civil Arquitetura e Urbanismo – FEC – UNICAMP Acessado em 06 de Outubro de 2014<http://www.fec.unicamp.br/~nilson/apostilas/sistemas_estruturais_grad.pdf 06/10 >

DELATORRE, Vivian; TORRESCASANA, Carlos Eduardo N.; PAVAN, Roberto Carlos; **Arquitetura e Aço: Estudo dos condicionantes para projeto arquitetônico integrado** 2006; Portal Metálica; Acesso em 12 de Dez de 2014<<http://wwwo.metalica.com.br/arquitetura-e-aco-estudo-dos-condicionantes-para-projeto-arquitetonico-integrado>>

DIAS, Luís Andrade de Matos; Estruturas de Aço – **Edificações de aço no Brasil**. São Paulo; Zigurate Editora, 1999, 207 p.

ECOLOGIA URBANA - **O Caminho para uma Sociedade Sustentável**; Copyright 2015 Acesso em 27 de Março de 2015 <<http://www.ecologiaurbana.com.br/sustentabilidade/o-que-e-sustentabilidade/>>

FREIRE, Carlos; **Análise Comparativa: Custos Estrutura Metálica X Estrutura de Concreto**; 2006; Portal Metálica; Acesso em 12 de Dez de 2014 <<http://wwwo.metalica.com.br/analise-comparativa-custos-financeiros>>

FREIRE, Carlos; **Lajes e Pisos para Estrutura Metálica**; 2006; Portal Metálica; Acesso em 12 de Dez de 2014 <<http://wwwo.metalica.com.br/lajes-e-pisos-para-estrutura-metalica>>

GELINSKI, Gilmara; **Interface de Vidros e Perfis**; Revista Finestra, Pulbicaada em 28 de Abril de 2006; São Paulo; Acesso em Março de 2015 <<http://www.alusistem.com.br/TECNOLOGIA-28-04-06.html>>

GEHBAUER, F.; EGGENSBERGER, M.; ALBERTI, M. E.; NEWTON, S. A. (2002). **Planejamento e gestão de obras: um resultado prático da cooperação técnica** Brasil-Alemanha. Curitiba: Editora CEFET-PR.

GERVÁSIO, Helena; **A Sustentabilidade do Aço e das Estruturas Metálicas** - São Paulo, 11 de Setembro 2008. Congresso Latino – Americano da construção metalúrgica Construmetal 2008

MÁRCIA LIE ITO, Trabalho de Conclusão de Curso - **Estudo de Viabilidade em edifícios comerciais**. Universidade Anhembi Morumbi SP 2005. Acesso em 05 de Março de 2015 <http://engenharia.anhembi.br/tcc-05/civil-21.pdf>

MARTINS, Juliana; Laje Steel Deck; Revista PINI; Edição 59 - Maio/2013; Obras; Acesso em Janeiro de 2015 < <http://equipedeobra.pini.com.br/construcao-reforma/59/laje-steel-deck-conheca-os-elementos-que-fazem-parte-284524-1.aspx>>

NAKAMURA, J. **Tecnologia - Era do Aço**. Revista PINI, São Paulo, v.1, n.152, p.1-6, 2006. Disponível em: <<http://au.pini.com.br/arquitetura-urbanismo/152/estruturas-metalicas-34881-1.aspx>> Acesso em: 9 abr. 2015

NEVES, André G.; **A Sustentabilidade na Construção Civil**; Blog Ecologia Urbana, O Caminho para uma Sociedade Sustentável; Postado em 30 de Maio de 2010; Acesso em Março de 2015 < <http://sustentabilidadeconstrucao civil.blogspot.com.br/2010/05/casa-com-sustentabilidade.html>>

OLIVEIRA, Dora Rodrigues Alves de; **Desenvolvimento do Projeto Arquitetônico em Estruturas de aço**. Universidade Federal de Minas Gerais, 2004; Acessado em < <http://www.metallica.com.br/arquitetura-e-aco-estudo-dos-condicionantes-para-projeto-arquitetonico-integrado>>

PARCHEN; Carlos Frederico; **Comparativo de custos de sistemas construtivos, alvenaria estrutural e estruturas de concreto armado**; Universidade Federal do Paraná - Trabalho de conclusão de curso. DCC Departamento de Construção Civil – UFPR. Curitiba, 2 de Dezembro de 2011. Acesso em 05 de Março de 2015 <http://www.dcc.ufpr.br/mediawiki/images/2/2a/Tfc_2011_Thompson_Gisah.pdf>

PENNA, Fernando Cesar Firpe; **Palestra: Quando, Como, Onde construir. Road-Show-CBCA (Viabilidade)** , em 2013. Acesso em 02 de Fevereiro de 2015<<http://www.cbca-iabr.org.br/upfiles/fckeditor/file/Fernando-Penna-Road-Show-CBCA-2013-Rev-8-Rio.pdf>>

PFEIL, W., Estruturas de Aço – Dimensionamento prático, Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda., Rio de Janeiro, 1988.

PINHEIROS; Antônio Carlos da Fonseca Bragança. Editor Edgard Luche. SP 2005. **Estruturas Metálicas** - 2ª Edição Revista e Ampliada. Acesso em 01 de Dez de 2014 <http://issuu.com/editorablucher/docs/issuu_estruturas_metalicas_9788521203698/37?e=1099747/3006796>

PROJETO NBR – 12721. **Avaliação de custos de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edilícios**. Acesso em 01 de Dez de 2014< <http://www.gerenciamento.ufba.br/Downloads/Avalia%C3%A7%C3%A3o%20custos%20de%20constru%C3%A7%C3%A3o.pdf>>

REBELLO, Y.C.P., **Estruturas de Aço, Concreto e Madeira – Atendimento da Expectativa**. Dimensional, Zigurate Editora, São Paulo, 2005.

REIS, Ana Lúcia; Histórico das Estruturas Metálicas; CEAM - UFMG; Acessado em Outubro de 2014 <<https://www.sites.google.com/site/acoufmg/home/historico>>

RODRIGUES, Aline Ribeiro; **Gerenciamento e Planejamento de Obras; Artigos Científicos**. Curso Técnico em Construção Civil; Site EBHA Acesso em 01 de Dez de 2014< <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAtZQAD/apostila-orcamento-controle-obra>>

SILVA, Fernando Benigno da. **Painéis Estruturais Pré-Moldados Maciços de Concreto Armado para Execução de Paredes**. Revista Técnica, edição 180. Editora Pini, São Paulo, Março de 2012.

VINOLY, Rafael; **Aeroporto de Carrasco; A Cobertura como Ponto de Partida**; Revista Eletrônica Finestra; 2012. Acesso em Dezembro de 2014< <http://arcoweb.com.br/finestra/arquitetura/rafael-violy-architecture-aeroporto-de-carrasco---montevideu-uruguai>>